

Qualitative Eigenschaften ausgewählter Ackerpferch-Zwischenfrüchte

Mitteilung II: Mineralstoffe

M. Neff und W. Opitz von Boberfeld

Qualitative traits of selected catch crops on arable land folds

Report II: Mineral Nutrients

1 Einleitung

Auf Böden, die aufgrund unzureichender Tragfähigkeit keine ganzjährige Beweidung zulassen, bietet sich als Alternative zur Stallhaltung während des Winters die Winteraußenhaltung von Mutterkühen und Fleischrindern in Acker- oder Strohperchen an. Durch die Nutzung von Ausfallgetreide oder den gezielten Anbau von Zwischenfrüchten auf Ackerperch-Flächen kann der Bedarf an teuren Konserven (Silagen, Heu) reduziert werden. Als Ackerperch-Zwischenfrüchte bieten sich *Poaceen* mit noch ausreichenden Wachstumsraten im Herbst (Einjähriges

und Welsches Weidelgras) sowie Vertreter der *Brassicaceen* (Sommer-, Winterraps und Herbstrübe) mit kurzer Vegetationszeit an. Neben Merkmalen der Futterqualität, wie Verdaulichkeit organischer Substanz, Energiedichte und Strukturwert, ist eine bedarfsgerechte Versorgung der Tiere mit Mineralstoffen bedeutend, da infolge von Mineralstoffunterversorgung oder -imbalance Krankheiten, wie Weidetetanie oder Gebärparese, auftreten können (HEIKENS, 1999). Es ist anzustreben, den Bedarf der Weidetiere über das aufgenommene Grundfutter zu decken, da eine tierindividuelle Supplementierung in extensiven Haltungssystemen nicht durchführbar ist. Die Mineralstoffkonzentration

Summary

Based on triennial experiments, located 160 m above sea-level in the south of Gießen, P-, K-, Na-, Mg- and Ca concentrations of different catch crops in arable land folds were analysed over three years as influenced by date of harvest (= November, December and January) and date of sowing (= end of July, middle of August). Main sources of variance mostly were the factors species and date of winter harvest. Highest P concentrations could be found in stubble turnip (= 0,6 % P), stubble turnip and the two types of ryegrass contained highest K concentrations with 4,1 % K. Levels of Na, Mg and Ca are higher in *Brassicaceae* compared to *Poaceae*.

Key words: Year round outdoor stock keeping, Catch crops in arable land folds, mineral nutrients, date of harvest, date of sowing.

Zusammenfassung

Basierend auf dreijährigen Freilandversuchen – gelegen 160 m ü. NN, südlich von Gießen – wurden die Konzentrationen an P, K, Na, Mg und Ca verschiedener Ackerperch-Zwischenfrüchte (= Wintergerste als Ausfallgetreidesimulation; Winterraps; Sommerraps, Weidetyp; Sommerraps, Schnitttyp; Herbstrübe; Einjähriges und Welsches Weidelgras) in Abhängigkeit von den Faktoren Saattermin (= Ende Juli; Mitte August) und Erntetermin (= November, Dezember, Januar) über drei Jahre hinweg untersucht. Wichtigste Varianzursachen waren meist die Faktoren Frucht und Erntetermin. Die höchsten P-Konzentrationen erreichte mit 0,6 % die Herbstrübe, die Weidelgräser und die Herbstrübe waren mit 4,1 % am K-reichsten. Die Na-, Mg- und Ca-Konzentrationen lagen bei den *Brassicaceen* auf einem höheren Niveau als bei den *Poaceen*.

Schlagworte: Winteraußenhaltung, Ackerperch-Zwischenfrüchte, Mineralstoffe, Erntetermin, Saattermin.

nen in Weideaufwüchsen sind abhängig vom Standort, den Witterungsbedingungen, der Nährstoffverfügbarkeit, dem Entwicklungsstadium der Pflanze und der botanischen Zusammensetzung des Bestandes (OPITZ V. BOBERFELD, 1994; KIRCHGESSNER, 2004). Aufgrund der markanten wachstumsbedingten Abhängigkeit der stofflichen Beschaffenheit des Grundfutters ist das physiologische Alter bedeutend für die Mineralstoffkonzentrationen der Pflanzen (ANKE et al., 1994; OPITZ V. BOBERFELD, 1994), weshalb in überständigem Pflanzenmaterial in Gegensatz zu weidreichen Aufwüchsen mit geringeren Mineralstoffkonzentrationen gerechnet werden muss (MENKE, 1987). Nach RAZMJOO et al. (1997) reduzieren niedrige Temperaturen im Herbst und Winter die Verfügbarkeit von N, P, Mg und Ca für die Pflanze. Zellschädigungen der Blätter erleichtern zudem das Auswaschen (= leaching) von wertgebenden Inhaltsstoffen (WILLMS und RODE, 1998; OPITZ V. BOBERFELD und BANZHAF, 2006). Im Zusammenhang mit einer Mineralstoffunterversorgung kann zwischen einem primären (= absoluten) und einem sekundären Mangel – hervorgerufen durch synergetische/antagonistische Interaktionen verschiedener Elemente – unterschieden werden (TERÖRDE, 1997), weshalb für eine qualitative Bewertung von Futteraufwüchsen neben den absoluten Konzentrationen stets das Mineralstoffmuster beachtet werden sollten.

2 Material und Methoden

Die Versuchsflächen befanden sich auf dem Gelände der Versuchsstation der Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen, etwa 6 km südlich von Gießen, 160 m über NN. Der Versuch (Tabelle 1) wurde als Spaltanlage mit drei Wiederholungen angelegt, wobei der Faktor Saattermin die Hauptteilstücke, der Faktor Erntetermin die Mittelteilstücke und der Faktor Frucht die Kleinteilstücke belegte. Die Parzellengröße betrug jeweils 12,6 m². Bei einer Beobachtungsdauer von drei Jahren ergaben sich die in Tabelle 1 dargestellten Faktoren und Stufen. Bei den Früchten – mit Ausnahme der Simulation von Ausfallgetreide – wurden Sortengemische verwendet, um den nötigen Verallgemeinerungsgrad für Arten bzw. Sortentypen zu gewährleisten. Von *Brassica napus* ssp. *napus* wurden jeweils eine 0- und eine 00-Sorte ausgewählt, um unter Minimierung sortenspezifischer Effekte intermediäre Werte bezogen auf die Frischmasse zu erhalten. Durch die beiden Formen Sommer- und Winter- raps sowie die unterschiedlichen Typen des Sommerraps –

Weide- bzw. Schnitttyp – wurde das Blatt/Stängel-Verhältnis berücksichtigt, das sowohl auf die Futterqualität als auch auf die Frostempfindlichkeit einen Einfluss hat. Die Höhe der Mitte August ausgebrachten N-Gabe richtete sich nach den gemessenen N_{min}-Vorräten des Bodens, sie variierte jahrabhängig zwischen 0 und 80 kg N ha⁻¹. Eine ausreichende Versorgung mit Grundnährstoffen war auf Basis bodenchemischer Analysen sichergestellt. Zur Bestimmung der Mineralstoffe wurde das Pflanzenmaterial bei 550 °C trocken verascht und die Asche in 2 % iger HNO₃-Lösung aufgenommen. Die Ca-, Mg-, K- und Na-Konzentrationen wurden am Atomabsorptionsspektrometer (SCHINKEL, 1984) und P wurde kolorimetrisch (GERICKE und KURMIES, 1952) bestimmt. Ergosterol wurde nach Verseifung und Extraktion in Petroläther mit der HPLC am UV-Detektor (SCHWADORF und MÜLLER, 1989; ANONYMUS, 1993; ECHTERNACHT, 2004) quantitativ erfasst. Alle Ergebnisse beziehen sich auf die bei 103 °C ermittelte Trockensubstanz.

Tabelle 1: Varianten

Table 1: Variants

Faktoren	Stufen
1. Früchte	1.1 Winterraps, <i>Brassica napus</i> ssp. <i>napus</i> (AKELA (0), LIRATOP (00) – 12 kg ha ⁻¹) 1.2 Sommerraps, Weidotyp, <i>Brassica napus</i> ssp. <i>napus</i> (SPARTA (0), ORLY (00) – 12 kg ha ⁻¹) 1.3 Sommerraps, Schnitttyp, <i>Brassica napus</i> ssp. <i>napus</i> (PETRANOVA (0), LIFORUM (00) – 12 kg ha ⁻¹) 1.4 Herbstrübe, <i>Brassica rapa</i> ssp. <i>rapa</i> (AGRESSA, SILOGANOVA – 1,5 kg ha ⁻¹) 1.5 Einjähriges Weidelgras 4n, <i>Lolium multiflorum</i> ssp. <i>gaudinii</i> , spät (ANDY, JIVET – 50 kg ha ⁻¹) 1.6 Welsches Weidelgras 4n, <i>Lolium multiflorum</i> ssp. <i>italicum</i> (FABIO, ZORRO – 50 kg ha ⁻¹) 1.7 Ausfallgetreide, <i>Hordeum vulgare</i> (Wintergerste-Simulation – 500 kg ha ⁻¹)
2. Saattermine	2.1 Ende Juli 2.2 Mitte August
3. Erntetermine	3.1 Anfang November 3.2 Mitte Dezember 3.3 Ende Januar
4. Jahre	4.1 2001/2002 4.2 2002/2003 4.3 2003/2004

3 Ergebnisse und Diskussion

Phosphor

In Abbildung 1 sind die P-Konzentrationen dargestellt. Die Wechselwirkung Frucht \times Saattermin (Tabelle 2) ist in allen Untersuchungsjahren signifikant, da die Rapsformen höhere P-Konzentrationen aufweisen, wenn die Aussaat erst Mitte August erfolgt, während bei den anderen Früchten kein Einfluss des Saattermins besteht; die niedrigen P-Konzentrationen bei den Rapsformen bei früher Aussaat lassen sich offenbar auf den geringeren Blattanteil sowie auf einen Verdünnungseffekt aufgrund höherer TS-Erträge zurückführen. Der Faktor Frucht ist in allen Untersuchungsjahren die wichtigste Varianzursache (Tabelle 2). Die höchsten P-Konzentrationen werden mit 0,60 % bei der Herbstrübe erreicht, die niedrigsten mit 0,40 % bei den beiden Sommerrapstypen. Nach GUILLARD und ALLINSON (1989) sowie WIEDENHOEFT und BARTON (1994) liefern *Brassicaceen* ausreichend P, um den Bedarf des Weidetieres zu decken, bei den hier untersuchten Sommerrapsformen liegen die Konzentrationen jedoch z.T. unter dem empfohlenen Bedarfswert von 0,4–0,5 % (vgl. OPITZ v. BOBERFELD, 1994), während die übrigen Zwischenfrüchte in einem dem Bedarf des Tieres angepassten Bereich liegen. Die Pflanze ist auf das P-Angebot in unmittelbarer Wurzelnahe angewiesen (SCHACHTSCHABEL, 1992); das feinetzige Wurzelwerk, einschließlich endotropher Mykorrhiza, bietet den *Poaceen* Vorteile bei der Aufnahme von P aus dem Boden (MENGEL, 1991). Das Blatt ist nach BERENDONK (1982) im Mittel um 0,13 % reicher an P als der Stängel, was die höheren P-Konzentrationen beim Winterraps, verglichen mit den Sommerrapstypen, erklärt. Die hohen P-Konzentrationen im Winter 2001/02 stehen offenbar mit einer Anreicherung von P aufgrund der witterungsbedingt niedrigen TS-Erträge in Zusammenhang. Das hohe Ertragsniveau im Winter 2002/03 kann zu einem Verdünnungseffekt in der Pflanze (VOIGTLÄNDER, 1987) führen.

Kalium

Im Hinblick auf die K-Konzentrationen (Abbildung 2, Tabelle 2) besteht in allen Wintern die Wechselwirkung Frucht \times Erntetermin, da insbesondere die *Poaceen* bei später Ernte weniger K aufweisen. In den Wintern 2001/02 sowie 2002/03 besteht die Wechselwirkung Frucht \times Saattermin, da die Aussaat Mitte August bei den *Poaceen* sowie

bei den drei Rapsformen mit höheren K-Konzentrationen einhergeht, während Unterschiede bei der Herbstrübe nicht gesichert sind. Wichtigste Varianzursache ist der Erntetermin, gefolgt von dem Faktor Frucht (Tabelle 2). Die höchsten K-Konzentrationen in den Wintern 2001/02 sowie 2002/03 werden mit 4,10 % bei den Weidelgräsern und der Herbstrübe erreicht. Aufgrund ihres ausgeprägten Wurzelsystems sind *Poaceen* in der Lage, das nicht austauschbare Zwischenschicht-K der Tonminerale zu absorbieren (MENGEL, 1991). Nach BANZHAF (2004) wird K maßgeblich von Auswaschungsprozessen beeinflusst, so dass die niedrigen Konzentrationen im regenreichen Winter 2002/03 sowohl mit einem Verdünnungseffekt aufgrund hoher TS-Erträge als auch mit Auswaschungsverlusten in Zusammenhang stehen können. Die K-Konzentrationen der untersuchten Zwischenfrüchte bewegen sich über alle drei Beobachtungsjahre in einem Bereich von 1,1 bis 6,5 %, wobei der niedrigste Wert beim Ausfallgetreide mit langer Vegetationsperiode und der höchste Wert beim Einjährigen Weidelgras bei später Saat und früher Ernte erreicht wird; der Bedarf der Weidetiere von 1 % K (vgl. OPITZ v. BOBERFELD, 1994) wird somit unabhängig von der Pflanzenart und den Bewirtschaftungsmaßnahmen immer gedeckt. Bei den *Poaceen* sowie dem Winterraps steht die K-Konzentration v.a. in den ersten beiden Wintern in einer deutlich negativen Beziehung zur Ergosterol-Konzentration (Tabelle 3). Im Winter 2003/04 ist der Rückgang der K-Konzentrationen zum dritten Erntetermin weniger deutlich; das Ausfallgetreide bildet hier eine Ausnahme und auch die Korrelation zwischen Verpilzungsgrad und K-Konzentration ist in diesem Jahr bei dieser Frucht mit $r = -0,94$ beachtlich (Tabelle 3).

Natrium

Da insbesondere die *Brassicaceen* meist höhere Na-Konzentrationen aufweisen, wenn die Aussaat später erfolgt (Abbildung 3), kommt es entsprechend Tabelle 2 zur Wechselwirkung Frucht \times Saattermin. Die hohen Na-Konzentrationen zum zweiten Saattermin stehen möglicherweise mit den TS-Erträgen in Zusammenhang, die bei den *Brassicaceen* niedriger sind, wenn die Aussaat erst Mitte August erfolgt. Während der Saattermin im Winter 2001/02 als wichtigste Varianzursache ausgewiesen ist, geht im Winter 2002/03 der größte Einfluss vom Erntetermin und im letzten Winter von dem Faktor Frucht aus (Tabelle 2), wobei die *Brassicaceen* mit 0,20 % signifikant höhere Na-Konzentrationen aufweisen.

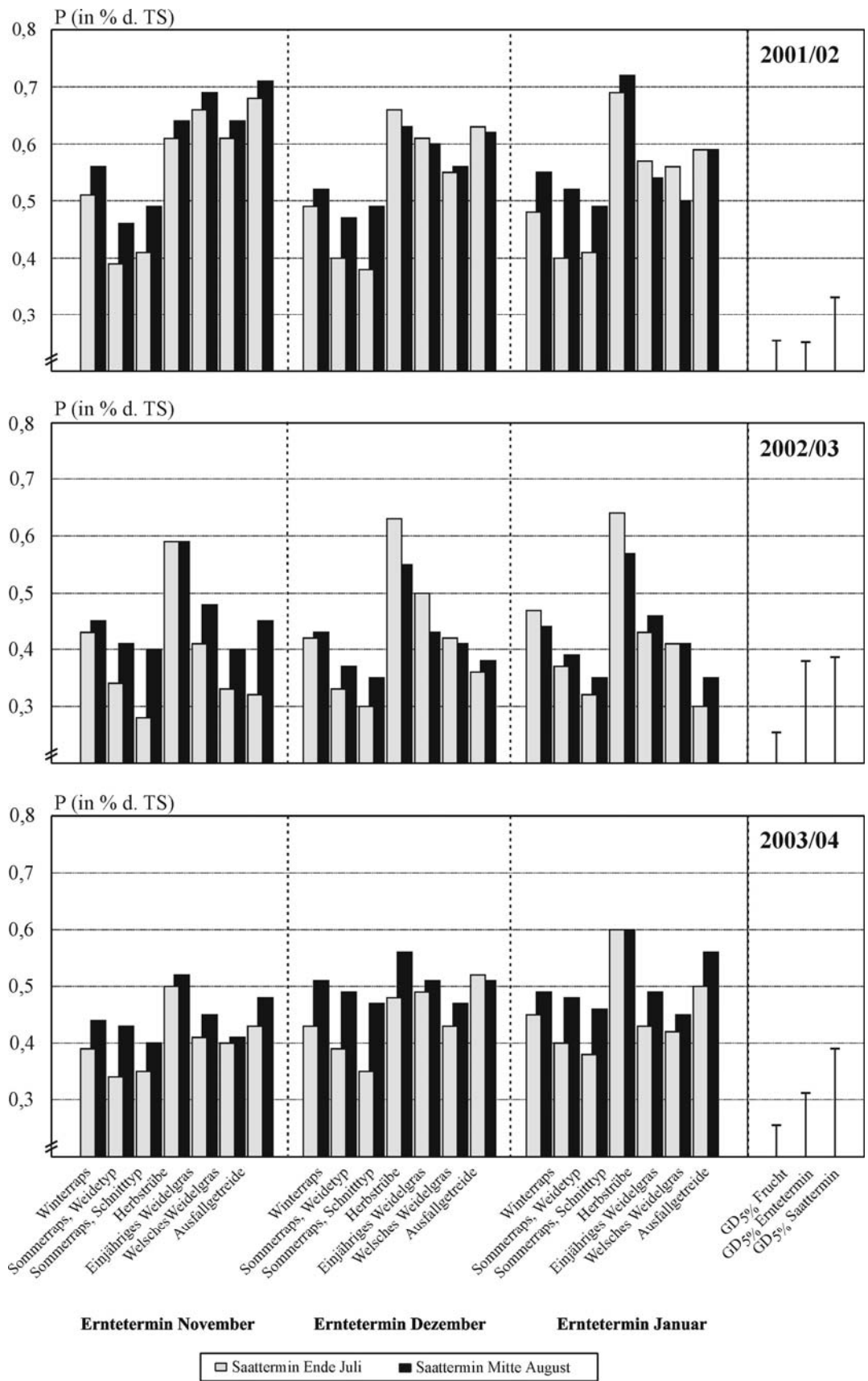


Abbildung 1:
 P-Konzentrationen in
 Abhängigkeit von Frucht,
 Ernte- und Saattermin
 Figure 1:
 P concentration as influ-
 enced by species, date of
 harvest and date of sowing

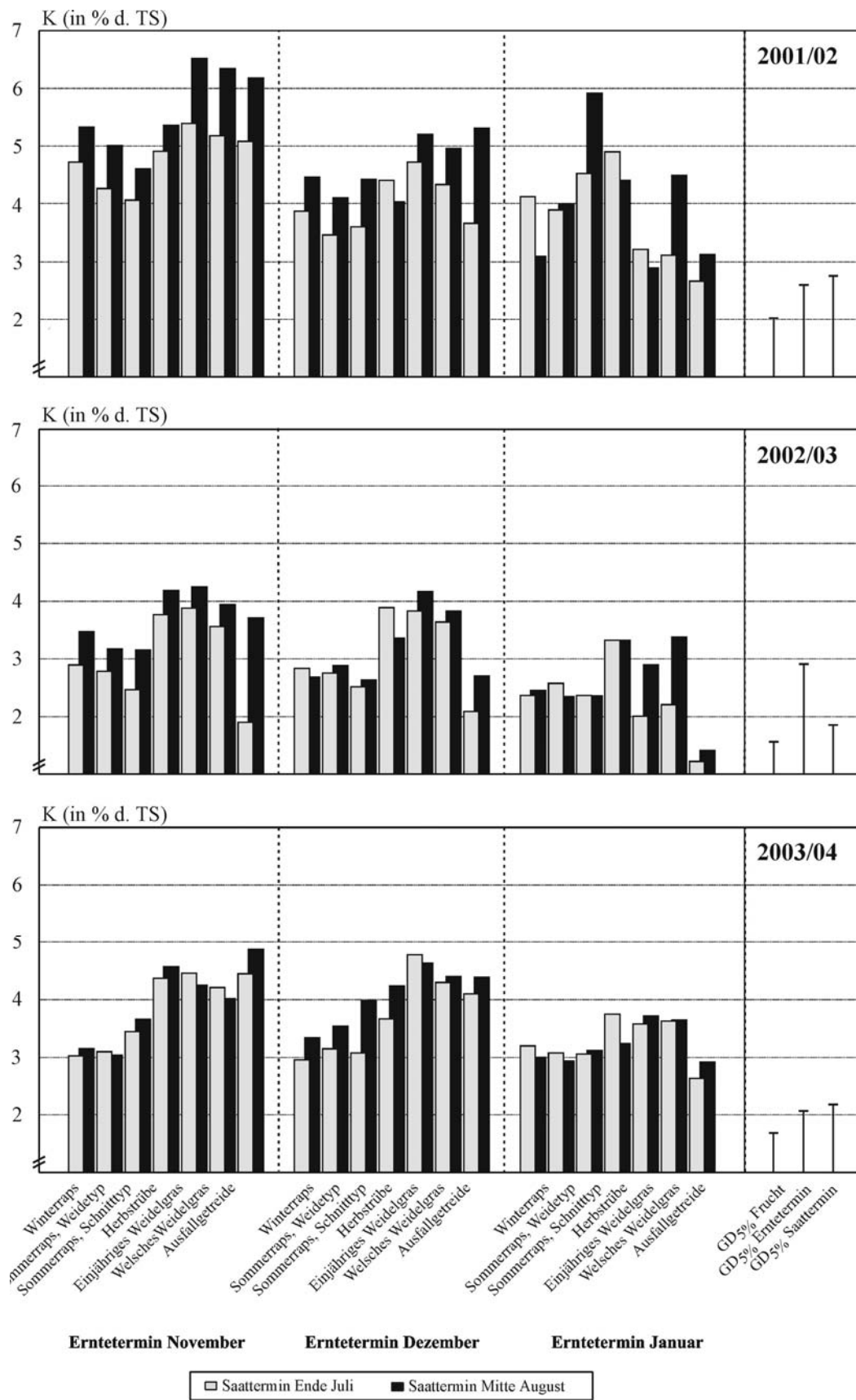


Abbildung 2:
K-Konzentrationen in Abhängigkeit von Frucht, Ernte- und Saattermin
Figure 2:
K concentration as influenced by species, date of harvest and date of sowing

Tabelle 2: Varianztabelle für die P-, K-, Na-, Mg- und Ca-Konzentrationen
 Table 2: Table of variances for P, K, Na, Mg and Ca levels

Phosphor				2001 / 2002	2002 / 2003	2003 / 2004	Kalium				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test	MQ/F-Test	MQ/F-Test	MQ/F-Test	MQ/F-Test	Varianzursache	FG	MQ/F-Test	MQ/F-Test	MQ/F-Test
Block	2	0,002	0,004	0,001	Block	2	0,081	0,105	2,400 *		
Saattermin	1	0,041 *	0,017	0,082 *	Saattermin	1	9,704 *	3,966 **	0,480		
Fehler Saat	2	0,001	0,002	0,003	Fehler Saat	2	0,166	0,038	0,074		
Erntetermin	2	0,014 **	< 0,001	0,037 **	Erntetermin	2	19,185 **	9,694 **	5,878 **		
S x E	2	0,001	0,016	0,001	S x E	2	1,010	0,843	0,456		
Fehler Ernte	8	0,001	0,008	0,003	Fehler Ernte	8	0,477	0,667	0,210		
Frucht	6	0,143 **	0,138 **	0,044 **	Frucht	6	0,997 **	5,461 **	3,777 **		
F x S	6	0,007 **	0,008 **	0,003 *	F x S	6	1,050 **	0,455 **	0,133		
F x E	12	0,009 **	0,002 **	0,002 *	F x E	12	3,131 **	0,499 **	0,755 **		
F x S x E	12	0,001	0,001	0,001	F x S x E	12	0,451	0,275 **	0,108		
Fehler Frucht	72	0,001	0,001	0,001	Fehler Frucht	72	0,264	0,080	0,117		
Gesamt	125				Gesamt	125					

Natrium				2001 / 2002	2002 / 2003	2003 / 2004	Magnesium				
Varianzursache	FG	MQ/F-Test	MQ/F-Test	MQ/F-Test	MQ/F-Test	MQ/F-Test	Varianzursache	FG	MQ/F-Test	MQ/F-Test	MQ/F-Test
Block	2	0,002 *	0,010	0,003	Block	2	0,001	0,002	0,003		
Saattermin	1	0,159 **	0,098 *	0,076 *	Saattermin	1	0,015	0,001	0,029		
Fehler Saat	2	0,000	0,002	0,003	Fehler Saat	2	0,002	0,000	0,002		
Erntetermin	2	0,034 *	0,032 **	0,026 *	Erntetermin	2	0,016 **	0,013 **	0,002		
S x E	2	0,008	0,026 **	0,017	S x E	2	0,004 *	0,002	< 0,001		
Fehler Ernte	8	0,007	0,002	0,004	Fehler Ernte	8	0,001	0,001	0,003		
Frucht	6	0,105 **	0,020 **	0,217 **	Frucht	6	0,012 **	0,020 **	0,025 **		
F x S	6	0,010 *	0,008 **	0,019 **	F x S	6	0,002 **	0,001 **	0,002 **		
F x E	12	0,006	0,004 **	0,006 *	F x E	12	0,001 **	0,002 **	0,001 **		
F x S x E	12	0,004	0,004 **	0,011 **	F x S x E	12	< 0,001	< 0,001	< 0,001		
Fehler Frucht	72	0,004	0,001	0,003	Fehler Frucht	72	0,001	0,001	0,001		
Gesamt	125				Gesamt	125					

Calcium				2001 / 2002	2002 / 2003	2003 / 2004
Varianzursache	FG	MQ/F-Test	MQ/F-Test	MQ/F-Test	MQ/F-Test	MQ/F-Test
Block	2	0,032	0,053	0,058 *		
Saattermin	1	0,572	0,064	0,451 **		
Fehler Saat	2	0,043	0,015	0,002		
Erntetermin	2	0,511 **	1,152 **	0,399 **		
S x E	2	0,035	0,100	0,010		
Fehler Ernte	8	0,026	0,033	0,040		
Frucht	6	6,368 **	2,967 **	7,064 **		
F x S	6	0,233 **	0,051 **	0,041 **		
F x E	12	0,203 **	0,174 **	0,069 **		
F x S x E	12	0,013	0,020	0,012		
Fehler Frucht	72	0,017	0,011	0,013		
Gesamt	125					

trationen aufweisen als die *Poaceen* mit 0,09 % Na. Offenbar spielen im milden Winter 2003/04 das physiologische Alter der Pflanze zu Beginn des Winters sowie zunehmende Seneszenz mit fortschreitendem Erntetermin eine untergeordnete Rolle. Der Einfluss des Erntetermins ist bei den *Poaceen* in allen Untersuchungsjahren gering. Auch PUFFE et al. (1984) stellen keine eindeutig abnehmende Tendenz in der Na-Konzentration von Welschem Weidelgras mit fortschreitender Entwicklung fest. Im Gegensatz dazu finden ISSELSTEIN (1994) sowie UNDERWOOD und SUTTLE (2001) bei *Poaceen* eine alterungsbedingte Abhängigkeit dieses Elements. Bei den *Brassicaceen* ist im Laufe der Vegetationszeit häufig ein Rückgang der Na-Konzentrationen

zum zweiten Erntetermin zu beobachten, bevor diese zur Januarernte wieder ansteigen; hier wird offenbar deutlich, dass die Mineralstoffaufnahme der Substanzbildung vorausgeht (KLAPP, 1967). Im Winter 2002/03 dagegen sinken die Na-Konzentrationen bei später Saet von Dezember bis Januar signifikant; in diesem nassen Winter ist aufgrund der hohen Löslichkeit der Na-Salze die Auswaschung Gefahr offenbar groß (SCHACHTSCHABEL, 1992). Der Bedarf des Weidetieres von 0,15–0,2 % Na (vgl. OPITZ V. BOBERFELD, 1994) wird von den *Poaceen* meist nicht gedeckt. Auch FLEMING und MURPHY (1968) finden Na-Konzentrationen bei *Festuca arundinacea* und *Lolium perenne*, die bereits früh unterhalb des Bedarfes einer Mutterkuh liegen.

Tabelle 3: Korrelationen (= r) zwischen den Mineralstoffen und der Ergosterol-Konzentration
 Table 3: Correlations (= r) between mineral nutrients and ergosterol concentration

		K	Na	Mg	Ca	Ergosterol	
P...	WR	0,14	0,59*	0,39	0,48*	0,11	
	SR S	0,51*	0,52*	0,76**	0,67**	0,35	
	Herbstrübe	-0,05	0,22	0,52*	0,26	0,38	
	Einj. WG	0,85**	-0,43	-0,23	-0,02	-0,58*	
	Ausfallgetreide	0,77**	-0,26	-0,24	-0,05	-0,43	
		WR	-0,31	-0,34	0,58*	-0,88**	
		SR S	0,38	0,64**	0,01	0,50*	
	K...	Herbstrübe	-0,50*	0,16	0,39	-0,34	
		Einj. WG	-0,24	-0,38	-0,32	-0,66**	
		Ausfallgetreide	-0,30	-0,12	0,06	-0,73**	
2001/02		WR	0,77**	0,20		0,42	
		SR S	0,42	0,36		0,36	
	Na...	Herbstrübe	0,25	-0,01		0,24	
		Einj. WG	0,47*	-0,32		0,09	
		Ausfallgetreide	0,57*	0,35		-0,04	
		WR		0,13		0,49*	
		SR S		0,41		0,66**	
	Mg...	Herbstrübe		0,65**		0,52*	
		Einj. WG		0,12		0,36	
		Ausfallgetreide		0,83**		-0,34	
	WR				-0,46		
	SR S				-0,26		
	Ca...	Herbstrübe			-0,04		
	Einj. WG				0,40		
	Ausfallgetreide				-0,28		
P	WR	0,25	-0,01	0,26	0,04	0,19	
	SR S	0,68**	0,78**	0,69**	0,66**	0,18	
	Herbstrübe	0,65**	0,15	0,43	0,35	0,27	
	Einj. WG	0,25	0,26	0,35	-0,04	0,10	
	Ausfallgetr.	0,84**	0,74**	0,88**	0,81**	-0,30	
		WR	0,34	0,72**	0,59*	-0,70**	
		SR S	0,74**	0,75**	0,78**	-0,34	
	K	Herbstrübe	0,45	0,70**	0,70**	-0,21	
		Einj. WG	0,44	0,20	-0,06	-0,91**	
		Ausfallgetr.	0,82**	0,89**	0,81**	-0,67**	
2002/03		WR	0,45	0,50*		-0,31	
		SR S	0,84**	0,85**		-0,24	
	Na	Herbstrübe	0,45	0,41		-0,34	
		Einj. WG	0,14	-0,13		-0,43	
		Ausfallgetr.	0,78**	0,51*		-0,69**	
		WR		0,91**		-0,74**	
		SR S		0,98**		-0,45	
	Mg	Herbstrübe		0,94**		-0,51*	
		Einj. WG		0,42		-0,04	
		Ausfallgetr.		0,82**		-0,46	
	WR				-0,81**		
	SR S				-0,51*		
	Ca	Herbstrübe			-0,56*		
	Einj. WG				0,21		
	Ausfallgetr.				-0,30		
P	WR	0,33	0,16	0,28	-0,06	0,32	
	SR S	0,33	0,64**	0,53*	0,29	0,20	
	Herbstrübe	-0,08	0,04	0,39	-0,06	0,63**	
	Einj. WG	0,47	0,37	0,65**	0,46	0,01	
	Ausfallgetr.	-0,30	0,16	0,51*	0,28	0,40	
		WR	0,06	-0,02	0,14		0,08
		SR S	0,29	0,23	0,46		-0,28
	K	Herbstrübe	-0,42	0,20	0,67**		-0,33
		Einj. WG	0,01	-0,07	-0,19		-0,58*
		Ausfallgetr.	0,38	0,24	0,50*		-0,94**
2003/04		WR	0,45	0,06		-0,22	
		SR S	0,52*	0,40		-0,03	
	Na	Herbstrübe	-0,28	-0,25		-0,12	
		Einj. WG	0,62**	0,32		-0,06	
		Ausfallgetr.	0,75**	0,58*		-0,34	
		WR		0,64**		-0,33	
		SR S		0,78**		-0,27	
	Mg	Herbstrübe		0,63**		0,20	
		Einj. WG		0,59*		0,05	
		Ausfallgetr.		0,72**		-0,14	
	WR				-0,03		
	SR S				-0,24		
	Ca	Herbstrübe			-0,20		
	Einj. WG				0,50*		
	Ausfallgetr.				-0,41		

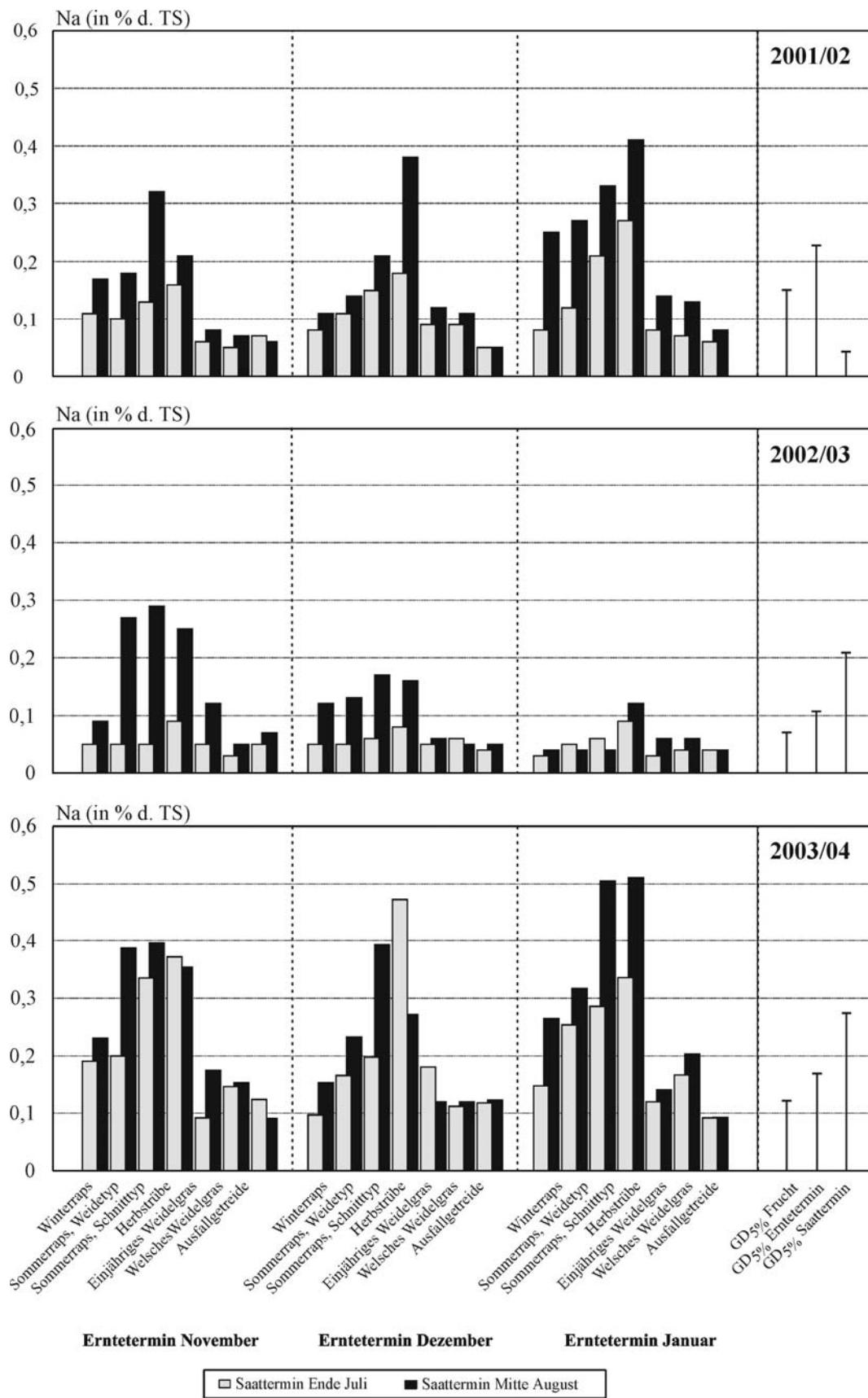


Abbildung 3:
Na-Konzentrationen in
Abhängigkeit von Frucht,
Ernte- und Saattermin
Figure 3:
Na concentration as influ-
enced by species, date of
harvest and date of sowing

Magnesium

Abbildung 4 zeigt die Mg-Konzentrationen der drei Beobachtungsjahre. Wichtigste Varianzursachen sind meist die Faktoren Frucht und Erntetermin (Tabelle 2). Da dieser Einfluss sich hauptsächlich auf die Mg-Konzentrationen der *Brassicaceen* bezieht, kommt es zu den Wechselwirkungen Frucht \times Saattermin sowie Frucht \times Erntetermin. Der häufig positive Einfluss des späten Saattermins bei den Rapsformen steht offenbar mit dem weiteren Blatt/Stängel-Verhältnis in Zusammenhang. Da Mg fast ausschließlich in akropetaler Richtung transportiert und in den Blättern abgelagert wird, enthalten diese höheren Konzentrationen an diesem Element (MENGEL, 1991). Im Winter 2001/02 steigen die Mg-Konzentrationen bei den früh gesäten Sommerrapsformen und bei der Herbstrübe vom zweiten zum dritten Erntetermin. Im Winter 2002/03 dagegen kommt es zu einem Rückgang der Mg-Konzentrationen bei den *Brassicaceen* mit fortschreitendem Erntetermin; in diesem Untersuchungsjahr bestehen insbesondere bei den blattreichen Rapsformen negative Beziehungen zwischen Mg-Konzentration und dem Pilzbefall (Tabelle 3). Im dritten Winter ist ein Einfluss des Erntetermins nicht mehr gesichert. Bei den *Poaceen* wird kein Einfluss des Erntetermins auf die Mg-Konzentrationen deutlich. Obwohl auch bei OPITZ v. BOBERFELD und BANZHAF (2006) die Mg-Konzentration im Laufe des Winters zurückgeht, was auf wachstumsbedingte Verlagerungsprozesse dieses mobilen Nährstoffes zurückgeführt wird (LARCHER, 2001), kommen OPITZ v. BOBERFELD und BANZHAF (2006) zu dem Schluss, dass der saisonale Einfluss auf die Mg-Konzentration im Winter offenbar bedeutender ist als wachstumsbedingte Veränderungen. Bei den *Brassicaceen* werden mit 0,22 % Mg im Vergleich zu den *Poaceen* (= 0,17 % Mg) deutlich höhere Mg-Konzentrationen erreicht (Abbildung 4). Auch in Untersuchungen von BISKUPEK (1993) und MAINZ (1995) sind besonders die Konzentrationen der zweiwertigen Ca- und Mg-Kationen bei den Dikotyledonen wesentlich höher als bei monokotylen Pflanzen. Während die Mg-Konzentrationen der *Poaceen* meist unter der Versorgungsempfehlung für Weidetiere von 0,2–0,3 % Mg (vgl. OPITZ v. BOBERFELD, 1994) liegen, ist eine ausreichende Versorgung der Tiere bei den *Brassicaceen* lediglich im niederschlagsreichen Winter 2002/03 nicht gesichert; wobei bei später Ernte die niedrigsten Mg-Konzentrationen erreicht werden.

Calcium

Während die Ca-Konzentrationen der *Poaceen* weitgehend unabhängig von Saat- und Erntetermin sind, werden bei den *Brassicaceen* häufig höhere Ca-Konzentrationen erreicht, wenn die Aussaat erst Mitte August erfolgt (Tabelle 2 und Abbildung 5), weshalb es zur Wechselwirkung Frucht \times Saattermin kommt. Da die Ca-Konzentrationen bei den *Brassicaceen* im Laufe des Winters sinken, ist auch die Wechselwirkung Frucht \times Erntetermin signifikant; auch BERENDONK (1982) findet sinkende Ca-Konzentrationen mit fortschreitendem Erntetermin, obwohl Ca v.a. in den älteren Blättern angereichert wird (MENGEL, 1991). Da Ca in der Pflanze fast ausschließlich im Xylem transportiert wird, ist eine Mobilisation aus alten in jüngere Blätter nicht möglich (MENGEL, 1991; OPITZ v. BOBERFELD, 1994; WHITEHEAD, 2000). In der Zeit vom ersten zum zweiten Erntetermin lässt sich der Rückgang offenbar auf einen Verdünnungseffekt aufgrund des TS-Zuwachses zurückführen; bis zum dritten Erntetermin sterben die älteren Blätter bereits ab. Wichtigste Varianzursache für die Ca-Konzentrationen ist der Faktor Frucht. Verglichen mit den *Brassicaceen* (= 1,47 % Ca) sind die *Poaceen* mit 0,46 % relativ Ca-arm. Der Erntetermin ist entsprechend Tabelle 2 ebenfalls in allen Untersuchungsjahren als Varianzursache gesichert. Nach MENGEL (1991) und MARSCHNER (1995) benötigen *Poaceen* deutlich weniger Ca für ein optimales Wachstum als dikotyle Pflanzen. Häufig enthalten die blattreichen Rapsformen mehr Ca als der stängelreiche Sommerraps, Schnitttyp. Auch der Ca-Gehalt der von BERENDONK (1982) untersuchten Winterrapsorten ist höher als in den blattärmeren Sommerrapsorten. Nach BERENDONK (1982) enthält das Blatt, verglichen mit dem Stängel, im Mittel nahezu doppelt so viel Ca, was offenbar darin begründet ist, dass Ca fast ausschließlich in akropetaler Richtung transportiert und in den Blättern abgelagert wird (MENGEL, 1991).

4 Schlussfolgerungen

Insbesondere bei den *Poaceen* kann es – bezogen auf die Mineralstoffe Na, Ca und Mg – bei allen Weide- bzw. Ernteterminen während des Winters zu Mangelsituationen kommen, wohingegen relativ hohe Konzentrationen an P und K festzustellen sind. Dadurch bewegen sich die Ca/P-Quotienten ($x = 0,95$) und die K/(Ca+Mg)-Quotienten

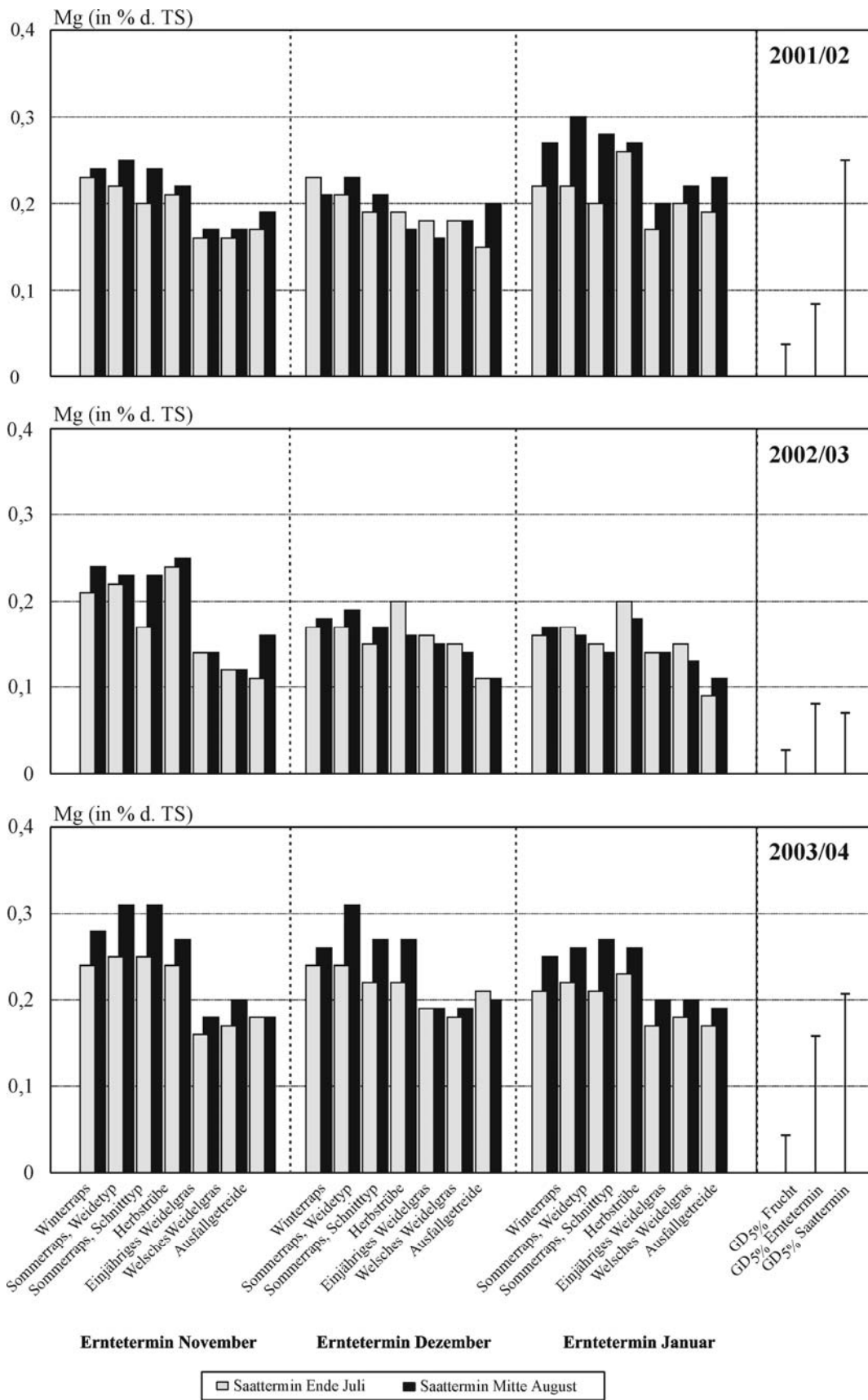


Abbildung 4:
Mg-Konzentrationen in
Abhängigkeit von Frucht,
Ernte- und Saattermin
Figure 4:
Mg concentration as influ-
enced by species, date of
harvest and date of sowing

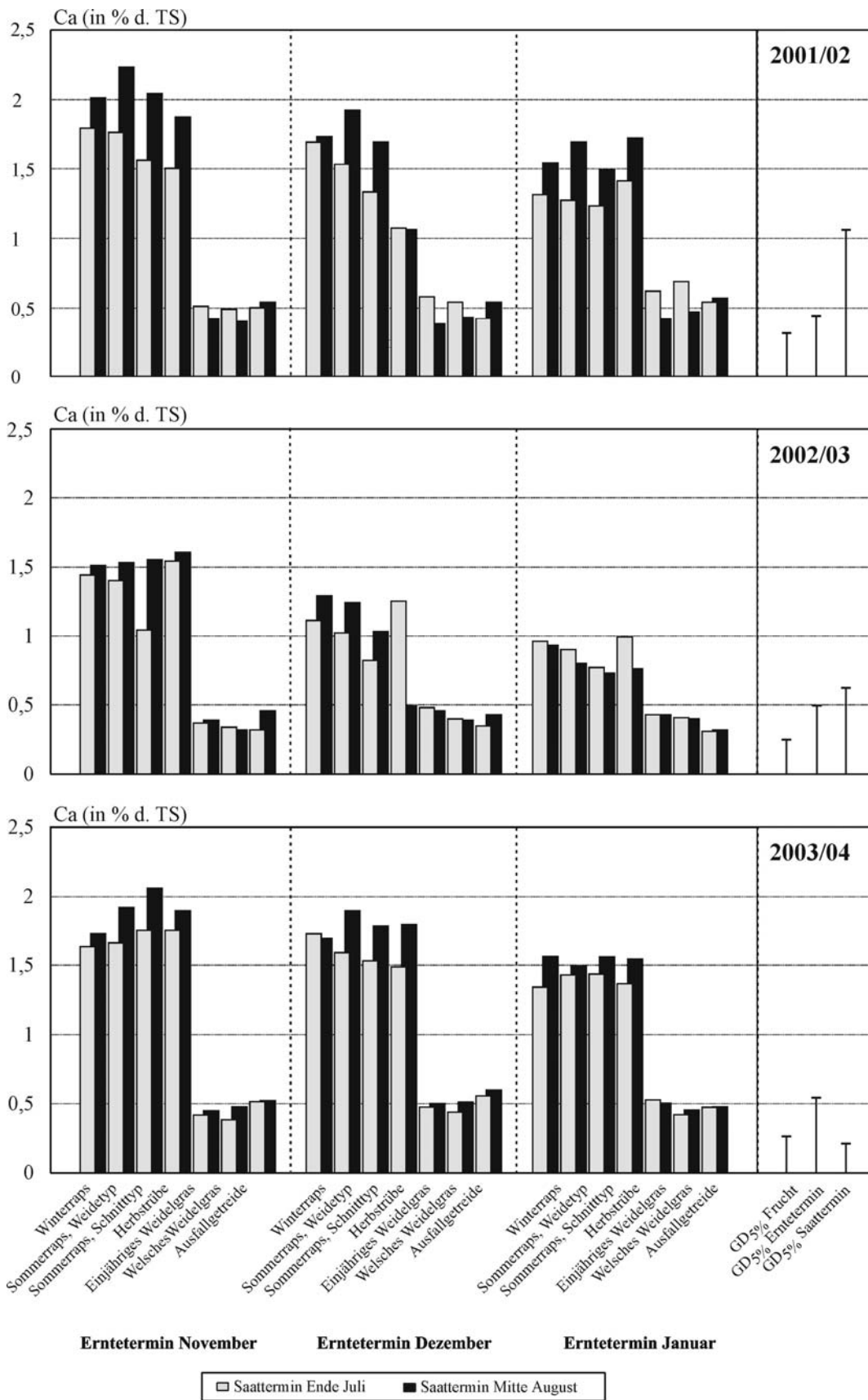


Abbildung 5:
Ca-Konzentrationen in
Abhängigkeit von Frucht,
Ernte- und Saattermin
Figure 5:
Ca concentration as influ-
enced by species, date of
harvest and date of sowing

($x = 6,3$) der *Poaceen* stets in einem kritischen Bereich, was die Gefahr von Gebärparese und Weidetetanie betrifft. Die *Brassicaceen* weisen – analog zu den Ca-Konzentrationen insbesondere zu Beginn der Vegetationsperiode weite Ca/P-Verhältnisse auf, die im Laufe des Winters enger werden und im Mittel bei 3,22 liegen. Die K/(Ca+Mg)-Quotienten der *Brassicaceen* liegen im Mittel bei 2,18, so dass der kritische Wert von 2,2 meist nicht überschritten wird. Im Hinblick auf die Ansprüche des Weidetieres sowohl an Energie und Struktur als auch bezogen auf eine ausgeglichene Versorgung mit Mineralstoffen ist eine Kombination von hochverdaulichem Raps und Weidelgras zu empfehlen.

Literatur

- ANKE, M., B. GROPPPEL und M. GLEI (1994): Der Einfluss des Nutzungszeitpunktes auf den Mengen- und Spurenelementgehalt des Grünfutters. D. wirtschaftseigene Futter 40, 304–319.
- ANONYMUS (1993): Methodenbuch Band III. Die chemische Analyse von Futtermitteln. 3. Erg. Verl. VDLUFA, Darmstadt.
- BANZHAF, K. (2004): Einfluss von Pflanzengesellschaft und Bewirtschaftungsintensität auf Muster und Konzentration ausgewählter Mineralstoffe von Winterweidefutter. Diss. Gießen.
- BERENDONK, C. (1982): Einfluss des Erntetermins auf Ertrag und Qualität von Sommer- und Winterrapsorten im Zwischenfruchtbau. 3. Mitteilung: Mineralstoffgehalte in Blatt, Stängel und Gesamtpflanze. D. wirtschaftseigene Futter 28, 215–224.
- BISKUPEK, B. (1993): Futterqualität in Abhängigkeit von interspezifischer Konkurrenz. Diss. Gießen.
- ECHTERNACHT, S. (2004): Zur Masse und Qualität von Ackerpferch-Zwischenfrüchten in Abhängigkeit von Art bzw. Sortentyp, Saat- und Erntezeitpunkt. Diss. Gießen.
- FLEMING, G. A. und W. E. MURPHY (1968): The uptake of some major and trace elements by grasses as affected by season and stage of maturity. Grass Forage Sci. 23, 174–185.
- GERICKE, S. und B. KURMIES (1952): Die kolorimetrische Phosphorsäurebestimmung mit Ammonium-Vanadat-Molybdat und ihre Anwendung in der Pflanzenanalyse. Z. Pflanzenern., Düngung, Bodenkde. 59, 235–247.
- GUILLARD, K. und D. W. ALLINSON (1989): Seasonal variation in chemical composition of forage *Brassicas*. I. Mineral concentrations and uptake. Agron. J. 81, 876–881.
- HEIKENS, H. B. (1999): Gesundheit und Verhalten von Mutterkühen mit Kälbern in Winterweidehaltung. Diss. Göttingen.
- ISSELSTEIN, J. N. P. (1994): Zum futterbaulichen Wert verbreiteter Grünlandkräuter. Post-doctoral thesis, Justus-Liebig-Universität Giessen.
- KIRCHGESSNER, M. (2004): Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 11. Aufl., Verl. DLG, Frankfurt/Main.
- KLAPP, E. (1967): Lehrbuch des Acker- und Pflanzenbaues. Verl. Paul Parey, 6. Aufl., Berlin/Hamburg.
- LARCHER, W. (2001): Ökophysiologie der Pflanzen. 6. Aufl., Verlag. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- MAINZ, A. K. (1995): Futterqualität und Konservierungseigenschaften verbreiteter Grünlandkräuter. Diss. Gießen.
- MARSCHNER, H. (1995): Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed., Academic Press, London.
- MENGEL, K. (1991): Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. 7. Aufl., Verlag Gustav Fischer, Jena.
- MENKE, K. H. (1987): Ernährungsphysiologische Grundlagen. In: MENKE, K. H. und W. HUSS (Hrsg.): Tierernährung und Futtermittelkunde. Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart, 15–114.
- OPITZ V. BOBERFELD, W. (1994): Grünlandlehre. Biologische und ökologische Grundlagen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- OPITZ V. BOBERFELD, W. und K. BANZHAF (2006): Effects of agronomical management on mineral concentrations of winter grazed herbage. J. Agron. Crop Sci. 192, 1–9.
- PUFFE, D., F. MORGNER und W. ZERR (1984): Untersuchungen zu den Gehalten an verschiedenen Inhaltsstoffen wichtiger Futterpflanzen. 2. Mitteilung: Mineralstoffgehalte; Kieselsäuregehalte. D. wirtschaftseigene Futter 30, 52–70.
- RAZMJOO, K., T. IMADA, J. SUGIURA und S. KANEKO (1997): Seasonal variations in nutrient and carbohydrate levels of tall fescue cultivars in Japan. J. Plant Nutr. 20, 1667–1679.
- SCHACHTSCHABEL, P. (1992): Nährstoffe. In: SCHEFFER, F. und P. SCHACHTSCHABEL: Lehrbuch der Bodenkunde. 13. Aufl., Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart, 219–259.
- SCHINKEL, H. (1984): Bestimmung von Calcium, Magnesium, Strontium, Kalium, Natrium, Lithium, Eisen, Mangan, Chrom, Nickel, Kupfer, Cobalt, Zink und Cadmium. Fresenius' Zeitschr. Analytische Chemie 317, 10–26.

- SCHWADORF, K. und M. H. MÜLLER (1989): Determination of ergosterol in cereals, mixed feed components and mixed feeds by liquid chromatography. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 72, 457–462.
- TERÖRDE, H. (1997): Untersuchungen zur Nähr- und Mineralstoffversorgung von Mutterkuhherden auf ausgesuchten Standorten in Mecklenburg-Vorpommern. Diss. Berlin.
- UNDERWOOD, E. J. und N. F. SUTTLE (2001): The mineral nutrition of livestock. 3rd ed. CABI Publ., Wallingford.
- VOIGTLÄNDER, G. (1987): Einführung in den Futterbau – Umfang, Formen und Leistung. In: VOIGTLÄNDER, G. und H. JACOB (Hrsg.): Grünlandwirtschaft und Futterbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 17–78.
- WHITEHEAD, D. C. (2000): Nutrient elements in grassland, soil-plant-animal-relationships. CABI Publ., Wallingford, UK.
- WIEDENHOEFT, M. H. und B. A. BARTON (1994): Management and environment effects on *Brassica* forage quality. *Agron. J.* 86, 227–232.
- WILLMS, W. D. und L. M. RODE (1998): Forage selection by cattle on fescue prairie in summer or winter. *J. Range Managem.* 51, 496–500.

Anschrift der Verfasser

Prof. Dr. Dr. h.c. Wilhelm Opitz von Boberfeld und **Dr. Michaela Neff**, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Lehrstuhl für Grünlandwirtschaft und Futterbau, Justus-Liebig-Universität, Ludwigstraße 23, 35390 Gießen, Deutschland
E-Mail: Wilhelm.Opitz-von-Boberfeld@agrar.uni-giessen.de

Eingelangt am 24. Januar 2006

Angenommen am 29. März 2006