

# Pflanzen

## Nährwert von Wiesenpflanzen: Gehalt an Ca, P, Mg und K<sup>1</sup>

Roger Daccord, Yves Arrigo und Jürg Kessler, Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere (RAP), CH-1725 Posieux  
Bernard Jeangros und Jan Scehovic, Eidgenössische Forschungsanstalt für Pflanzenbau, Changins (RAC), CH-1260 Nyon 1  
Franz X. Schubiger und Joseph Lehmann, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau Reckenholz (FAL), CH-8046 Zürich

Auskünfte: Roger Daccord, e-mail: roger.daccord@rap.admin.ch, Fax +41 (0)26 407 73 00, Tel. +41 (0)26 407 71 11

### Zusammenfassung

Von zehn wichtigen Wiesenpflanzen wurde der Gehalt an Kalzium (Ca), Phosphor (P), Magnesium (Mg) und Kalium (K) analysiert. Dank der über 500 untersuchten Proben konnten die Gehaltsunterschiede zwischen den Pflanzenarten sowie der Einfluss des Vegetationszyklus, des Alters und des Entwicklungsstadiums auf diese Gehalte genauer bestimmt werden. Die Leguminosen und die Kräuter weisen im Vergleich zu den Gräsern im Durchschnitt deutlich höhere Ca-Gehalte auf. Die entsprechenden Mittelwerte pro kg Trockensubstanz (TS) betragen  $15,1 \pm 2,5$  g,  $13,7 \pm 4,0$  g und  $3,7 \pm 1,1$  g. Das Alter oder das Entwicklungsstadium der Pflanzen wirkt sich nicht wesentlich auf deren Ca-Gehalt aus. Die Gehalte der Gräser und Leguminosen an Phosphor sind vergleichbar ( $3,6 \pm 0,8$  beziehungsweise  $3,4 \pm 0,6$  g/kg TS). Die Kräuter haben demgegenüber mit  $4,9 \pm 0,9$  g/kg TS höhere Gehalte. Der Einfluss des Alters oder des Entwicklungsstadiums auf den P-Gehalt der Pflanzen ist markant. Dies gilt besonders für die Gräser. Im Mg-Gehalt unterscheiden sich die untersuchten Wiesenpflanzen nur wenig. Die tiefsten mittleren Gehalte zeigen die Gräser ( $1,7 \pm 0,5$  g/kg TS), gefolgt von den Leguminosen ( $2,3 \pm 0,5$  g/kg TS) und den Kräutern ( $3,2 \pm 0,1$  g/kg TS). Während der Vegetationszyklus den Mg-Gehalt der Pflanzen deutlich beeinflusst, wirken sich das Alter oder das Entwicklungsstadium kaum auf den Mg-Gehalt aus. Mit  $31,8 \pm 6,4$  g/kg TS und  $31,1 \pm 5,2$  g/kg TS ist der K-Gehalt von Gräsern und Leguminosen praktisch identisch. Im Gegensatz dazu enthalten die Kräuter mit  $45,8 \pm 6,8$  g/kg TS wesentlich mehr Kalium. Der K-Gehalt der Pflanzen wird sowohl vom Vegetationszyklus als auch vom Alter oder Entwicklungsstadium beeinflusst.

Die Mengenelemente spielen bei vielen Körperfunktionen eine lebensnotwendige Rolle (Underwood und Suttle 1999). Ihre Funktionen sind von struktureller (Auf- und Abbau von Knochengewebe), physiologischer (osmotisches Gleichgewicht, Säuren-Basenhaushalt, Membrandurchlässigkeit) und katalytischer (Aktivierung enzymatischer und hormoneller Systeme, Übertragung von Nervenreizen) Art. Sie erfüllen nicht zuletzt auch regulatorische Aufgaben (Zellteilung, Zelldifferenzierung).

Damit die Mineralstoffe diese wichtigen Funktionen erfüllen können, müssen sie in bedarfs-

gerechter Menge zugeführt werden. Wird ein Ungleichgewicht zwischen Angebot und Bedarf nicht mehr durch die homeostatischen Mechanismen ausgeglichen, können wichtige Körperfunktionen beeinträchtigt werden. Je nach Ausmass des Mangels oder des Überschusses sind eine erhöhte Mortalität oder eine schwierig zu diagnostizierende Beeinträchtigung von Wachstum, Leistung und Fruchtbarkeit die Folge.

Als Hauptbestandteil der Ration ist Raufutter eine massgebende Mineralstoffquelle. Umso wichtiger und nötig werden unter dem Aspekt der Fütterungsplanung und Umwelt präzise Angaben über Mineralstoffgehalte. Um bestehende Wissenslücken zu schliessen, wurden im Rahmen

eines gemeinsamen Projektes der Eidgenössischen Forschungsanstalten Changins (RAC), Reckenholz (FAL) und Posieux (RAP) (Jeangros *et al.* 2001a; Daccord *et al.* 2001; Jeangros *et al.* 2001b) die Kalzium-, Phosphor-, Magnesium- und Kaliumgehalte der wichtigsten Wiesenpflanzen untersucht. Von den Faktoren, welche die Mineralstoffzusammensetzung von Raufutter beeinflussen, werden in dieser Arbeit einzig die botanische Zugehörigkeit, der Aufwuchs, das Alter und das Entwicklungsstadium berücksichtigt.

### Versuchsplanung

Zehn verschiedene Pflanzenarten (4 Gräser, 3 Leguminosen, 3 Kräuter) wurden als Reinbestände an drei Standorten (La Frêtaz, Reckenholz und Posieux) angesät und während zweier aufeinander folgenden Jahren im Verlauf der Vegetationsperiode gemäht. Insgesamt wurden 555 Proben entnommen. Um die Ergebnisse des 1. Aufwuchses der drei Versuchsstandorte miteinander vergleichen zu können, wurde der Zeitpunkt «Beginn Rispenstadien» des Knaulgrasses als Referenzdatum (Zeitpunkt 0) definiert. Die Einzelheiten zur Versuchsplanung und Probenahme sind in der ersten Publikation dieser Serie (Jeangros *et al.* 2001a) ausführlich beschrieben.

Die chemischen Analysen der Mineralstoffe erfolgten nach den an der Forschungsanstalt Posieux üblichen Methoden.

<sup>1</sup> Übersetzung: Annelies Bracher, Neyruz

## Kalzium

Die Kalziumgehalte (Ca) pro kg TS sind im Mittel bei den Leguminosen ( $15,1 \pm 2,5$  g) und Kräutern ( $13,7 \pm 4,0$  g) deutlich höher als bei den Gräsern ( $3,7 \pm 1,1$  g). Die in den Leguminosen und Gräsern bestimmten Ca-Werte liegen im Bereich der Angaben von Minson (1990). Unter den Gräsern weisen die Raigräser die höchsten Gehalte auf (Tab. 1), wie das schon Bouchet und Guéguen (1981) beobachtet haben. Die Ca-Werte des 1. Aufwuchses liegen etwas unter den Werten der Folgeaufwüchse. In der Gruppe der Leguminosen führt die Luzerne das Feld an. Die Ca-Gehalte von Rot- und Weissklee unterscheiden sich kaum. Zwischen den Aufwüchsen variieren die Ca-Gehalte nur geringfügig. Wie die Leguminosen sind der Löwenzahn und die beiden Doldengewächse Ca-reich. Wie aus den Variationskoeffizienten ersichtlich ist, streuen die Ca-Gehalte zwischen den verschiedenen Aufwüchsen bei den Gräsern und Löwenzahn mehr als bei den Leguminosen. Bei den Gräsern besteht zwischen dem Ca- und Mg-Gehalt eine klare Beziehung. Dies gilt besonders für das Knaulgras ( $r = 0,87$ ). Beim Löwenzahn korrelieren die Ca-Gehalte eng mit den Zucker- ( $r = 0,90$ ) und Mg-Gehalten ( $r = 0,80$ ).

Im Vergleich zum empfohlenen Ca-Gehalt für Milchviehrationen von 5,0 bis 6,5 g/kg TS (Jans und Kessler 1999) liegen die gefundenen Ca-Gehalte der Leguminosen und Kräuter deutlich darüber. Die Verfütterung von leguminosen- und kräuterreichen Rationen an Galtkühe führen zu einem Ca-Überangebot verbunden mit einem erhöhten Risiko für Milchfieber (Hypokalzämie).

**Veränderung im Verlauf des Alters:** Mit Ausnahme von Knaulgras und Löwenzahn ( $R^2 = 0,37$  und  $0,60$ ) erklärt das Alter der Pflanzen nur einen kleinen

Teil der Varianz des Ca-Gehaltes während des 1. Aufwuchses. In den Folgeaufwüchsen ist die Altersabhängigkeit noch schwächer. Eine Ausnahme bildet dabei der Rotklee. Im 1. Aufwuchs geht der Ca-Gehalt mit fortschreitendem Alter der Gräser leicht zurück (Knaulgras  $-0,17$  g Ca pro kg TS und Woche; Englisches Raigras  $-0,15$  g Ca). Dies könnte eine Folge der Verschiebung des Blatt/Stängelverhältnisses zu Gunsten der Ca-ärmeren Stängel sein (Meschy und Guéguen 1995). Bei Klee und Löwenzahn steigt der Ca-Gehalt im Verlauf des 1. Aufwuchses an ( $+0,6$  g bei Weissklee).

**Veränderung im Verlauf des Entwicklungsstadiums:** Der geringe Alterseinfluss auf den Ca-Gehalt impliziert einen ebenfalls geringen Einfluss des Entwicklungsstadiums. Nur bei Knaulgras, Weissklee und Löwenzahn erklärt das Entwicklungsstadium im 1. Aufwuchs mehr als 25 % der Ca-Varianz. In den Folgeaufwüchsen erreichen einzig der Wiesenfuchsschwanz und der Rotklee ein Bestimmtheitsmass ( $R^2$ ) von über 0,25. Der Ca-Gehalt von Knaulgras und Rotklee zum Beispiel verändert sich sowohl im 1. wie in den Folgeaufwüchsen kaum (Abb. 1). Aufgrund dieser schwachen Beziehungen kann der Ca-Gehalt nicht mit genügender Genauigkeit aus dem Entwicklungsstadium geschätzt werden. Ein Grund, weshalb auch im Grünen Buch die Ca-Gehalte nicht in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium variiert wurden.

Die in der vorliegenden Erhebung analysierten Ca-Gehalte stimmen weitgehend mit den im Grünen Buch aufgeführten Werten überein.

## Phosphor

Insgesamt weisen die Gräser einen den Leguminosen vergleichbaren Phosphorgehalt (P)

auf ( $3,6 \pm 0,8$  g/kg TS und  $3,4 \pm 0,6$  g; Tab. 2). Die P-Gehalte der Kräuter liegen etwas darüber (im Mittel  $4,9 \pm 0,9$  g). Sie steigen bei den Gräsern tendenzmässig vom 1. zu den Folgeaufwüchsen an. Die gleiche Tendenz ist auch bei Löwenzahn zu beobachten, während der Klee sich genau umgekehrt verhält. In der Gruppe der Leguminosen sind die tiefsten P-Gehalte bei Rotklee gemessen worden.

Eine enge Beziehung zwischen P und K konnte bei den Gräsern nachgewiesen werden, allen voran für Italienisches Raigras ( $r = 0,90$ ). Eine weitere Beziehung besteht zwischen P und Rohprotein, wobei der Wiesenfuchsschwanz mit 0,92 den höchsten r-Wert aufweist.

Die P-Gehalte der Gräser und Leguminosen reichen im Allgemeinen aus, um den Bedarf einer Kuh mit einer Tagesmilchmenge von 20 kg zu decken ( $3,5$  g P/kg TS der Ration; Jans und Kessler 1999). Bei gewissen Arten, wie

**Tab. 1. Kalziumgehalte der untersuchten Wiesenpflanzen (g pro kg Trockensubstanz)**

Art	Aufwuchs	n	Mittel	Min.	Max.	VK	R <sup>2</sup>
Knaulgras	Erster	32	2,7	1,6	3,9	26	0,37
	Folgende	45	4,4	2,9	6,9	23	0,13
Engl. Raigras	Erster	31	3,1	2,0	4,2	19	0,23
	Folgende	44	4,5	2,7	6,5	18	0,01
Wiesenfuchsschwanz	Erster	30	2,7	1,3	4,4	33	0,00
	Folgende	36	3,1	1,7	5,2	29	0,25
Ital. Raigras	Erster	16	4,1	3,3	4,8	10	0,14
	Folgende	21	4,4	3,2	6,1	16	0,07
Weissklee	Erster	24	14,8	10,9	18,9	14	0,26
	Folgende	46	14,6	8,0	19,5	18	0,01
Rotklee	Erster	28	14,6	10,8	17,6	12	0,12
	Folgende	37	15,0	11,2	21,7	17	0,31
Luzerne	Erster	15	16,6	12,9	22,4	17	0,18
	Folgende	22	16,1	11,2	22,1	16	0,01
Löwenzahn	Erster	28	10,7	6,4	17,7	32	0,60
	Folgende	27	14,4	10,0	19,2	17	0,17
Wiesenkerbel	Alle	8	19,6	15,3	23,5	13	(0,01)
Bärenklau	Alle	11	15,3	12,7	18,6	14	(0,49)

VK=Variationskoeffizient

R<sup>2</sup>=Bestimmtheitsmass der Regression zwischen Ca-Gehalt und Zeit

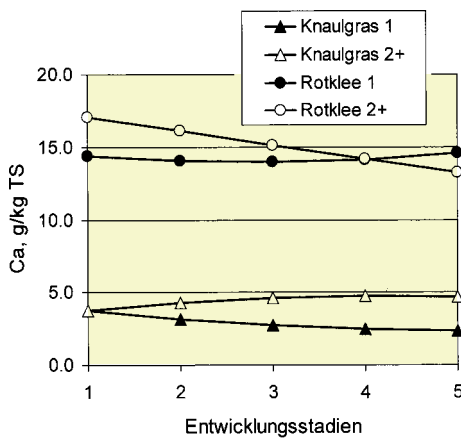


Abb. 1. Verlauf des Kalziumgehaltes (Ca) von Knaulgras und Rotklee in Abhängigkeit des Entwicklungsstadiums während des 1. Aufwuchses (1) und der Folgeaufwüchse (2+).

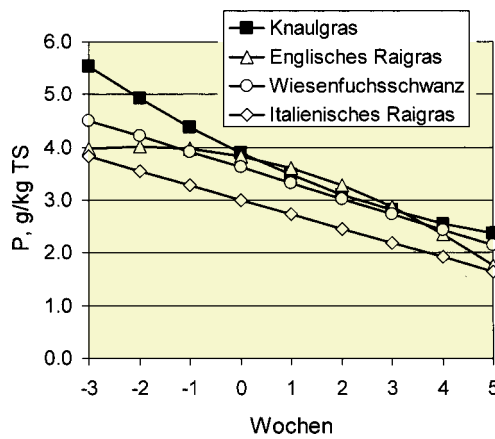


Abb. 2. Verlauf des Phosphorgehaltes (P) der Gräser in Abhängigkeit des Alters während des 1. Aufwuchses.

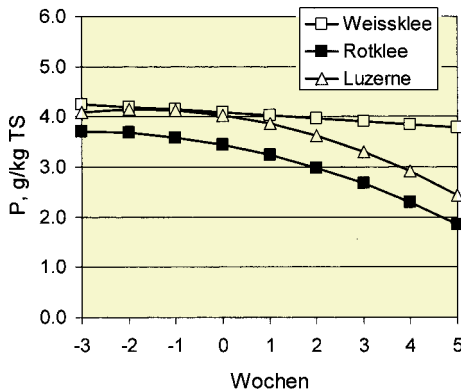


Abb. 3. Verlauf des Phosphorgehaltes (P) der Leguminosen in Abhängigkeit des Alters während des 1. Aufwuchses.

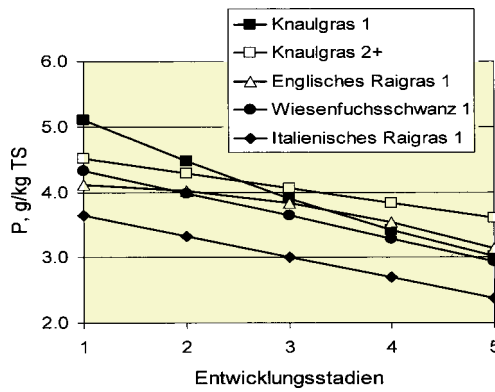


Abb. 4. Verlauf des Phosphorgehaltes (P) der Gräser in Abhängigkeit des Entwicklungsstadiums während des 1. Aufwuchses (1) und der Folgeaufwüchse (2+).

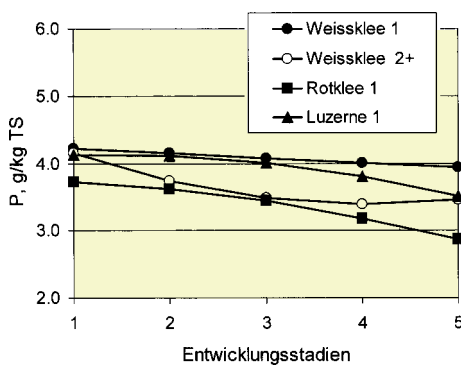


Abb. 5. Verlauf des Phosphorgehaltes (P) der Leguminosen in Abhängigkeit des Entwicklungsstadiums während des 1. Aufwuchses (1) und der Folgeaufwüchse (2+).

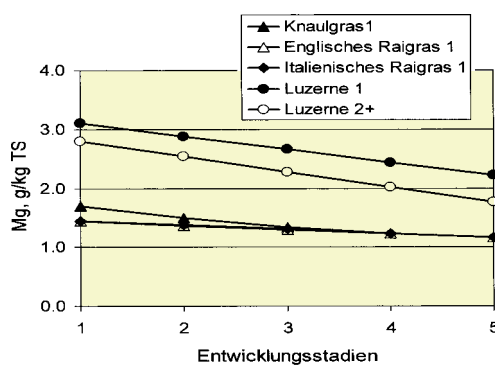


Abb. 6. Verlauf des Magnesiumgehaltes (Mg) in Abhängigkeit des Entwicklungsstadiums während des 1. Aufwuchses (1) und der Folgeaufwüchse (2+).

Italienisches Raigras des 1. Aufwuchses und Rotklee, können die P-Gehalte selbst bei tieferen Milchleistungen nicht mehr bedarfsdeckend sein.

**Veränderung im Verlauf des Alters:** Wie schon Bouchet und Guéguen (1981) gezeigt haben, nehmen die P-Gehalte mit zunehmendem Alter der Pflanzen ab.

Dabei kommt bei P der Alterseinfluss viel stärker zum Ausdruck als bei Ca, namentlich bei den Gräsern des 1. Aufwuchses (Abb. 2). Pro Woche sinkt der P-Gehalt bei Knaulgras um 0,4 g pro kg TS. Die Abnahme fällt bei den Leguminosen geringer aus und für Weissklee ist sie nahezu vernachlässigbar (Abb. 3). Bei den Kräutern, und hier besonders beim Löwenzahn, ist der Alterseffekt bescheiden. Allgemein geht der P-Gehalt mit fortschreitendem Alter in den Folgeaufwüchsen weniger stark zurück.

**Veränderung im Verlauf des Entwicklungsstadiums:** Die Beziehung zwischen dem Alter und dem P-Gehalt ist analog auch beim Entwicklungsstadium zu beobachten. Sie ist bei den Gräsern am deutlichsten. Mit fortschreitendem Entwicklungsstadium nimmt bei allen untersuchten Gräserarten und Aufwüchsen der P-Gehalt in der gleichen Größenordnung ab (im Mittel  $-0,35$  g P pro kg TS und Einheit; Abb. 4). In der Gruppe der Leguminosen ist der Einfluss von Pflanzenart und Aufwuchs klein. Der Rückgang des P-Gehaltes verläuft weniger steil ( $-0,16$  g P; Abb. 5).

Der Verlauf der P-Gehalte bei Englischem und Italienischem Raigras, Knaulgras und Wiesenfuchsschwanz entspricht den im Grünen Buch aufgeführten Werten für Raigräser und «andere Gräser». Eine gleich gute Übereinstimmung besteht im Fall von Rot- und Weissklee.

## Magnesium

Zwischen den Pflanzenarten sind keine ausgeprägten Unterschiede im Magnesiumgehalt (Mg) aufgetreten (Tab. 3). Die tiefsten Werte wurden bei den Gräsern ( $1,7 \pm 0,5$  g/kg TS) und die höchsten bei den Kräutern ( $3,2 \pm 1,0$  g) gemessen. Bei den Gräsern sind die Mg-Gehalte des 1. Aufwuchses im Durchschnitt

tiefer als in den Folgeaufwüchsen (1,3 gegenüber 2,0 g). Wie schon für Ca nachgewiesen, korrelieren ebenfalls bei Löwenzahn die Mg-Gehalte eng mit den Zuckergehalten ( $r = 0,92$ ).

Die untersuchten Wiesenpflanzen enthalten im Durchschnitt genügend Mg, um den Bedarf einer Milchkuh bis 40 kg Milch/Tag (1,5 g/kg TS der Ration; Jans und Kessler 1999) zu decken. Im 1. Aufwuchs hingegen decken die Mg-Gehalte der untersuchten Gräser den Mg-Bedarf nicht mehr in allen Fällen, was das Risiko einer Weidetetanie (Hypomagnesiämie) erhöht.

**Veränderung im Verlauf des Alters:** Mit Ausnahme von Knautgras und Englischem Raigras des 1. Aufwuchses und aller Aufwüchse bei Luzerne übte das Alter einen geringen Einfluss auf die Mg-Gehalte aus. Der Rückgang im Mg-Gehalt bei Knautgras und Englischem Raigras beträgt lediglich -0,08 beziehungsweise -0,05 g pro kg TS und Woche im 1. Aufwuchs, während die Luzerne in allen Aufwüchsen pro Woche 0,19 g Mg einbüsst. Bei Löwenzahn ist dagegen eine Zunahme im Verlauf des 1. Aufwuchses von durchschnittlich +0,18 g Mg zu verzeichnen.

**Veränderung im Verlauf des Entwicklungsstadiums:** Die beobachtete schwache Beziehung zwischen Mg-Gehalt und Alter findet sich auch beim Entwicklungsstadium ( $R^2$  zwischen 0 und 0,76). Während des 1. Aufwuchses liegen die Mg-Gehalte von Knautgras sowie Englischem und Italienischem Raigras alle im gleichen Bereich und nehmen nur schwach ab (0,08 g pro kg TS und Einheit; Abb. 6). Die Mg-Gehalte der Luzerne sind im 1. Aufwuchs etwas höher. Sie nehmen mit fortschreitendem Entwicklungsstadium schnell ab (-0,22 g Mg).

Diese Reduktion ist in den Folgeaufwüchsen noch markanter (- 0,26 g Mg).

Die gemessenen Mg-Gehalte der Gräser des 1. Aufwuchses stimmen mit dem Mittelwert des Grünen Buches (1,5 g Mg/kg TS) überein. Die Tabellenwerte für die Folgeaufwüchse (2,3 g Mg/kg TS) übersteigen die Messwerte der vorliegenden Untersuchung.

### Kalium

Die untersuchten Gräser und Leguminosen haben im Durchschnitt gleich hohe Kaliumgehalte (K) ( $31,8 \pm 6,4$  g/kg TS und  $31,1 \pm 5,2$  g; Tab. 4). Die Kräuter enthalten generell mehr K ( $45,8 \pm 6,8$  g), allen voran der Wiesenkerbel. Innerhalb der gleichen Pflanzenart zeigen die K-Gehalte zu Ca, P, und Mg eine vergleichbare Streuung.

Bei den Gräsern und vorab beim Italienischen Raigras korrelieren die K-Gehalte mit den Rohproteingehalten ( $r = 0,83$ ).

Die Milchkuh hat einen K-Bedarf von 6 bis 7 g pro kg TS (Jans und Kessler 1999). Daraus wird ersichtlich, dass sämtliche untersuchten Wiesenpflanzen die Kuh mit K überversorgen. Der K-Überschuss könnte dann zu Stoffwechselstörungen führen, wenn in der Ration eine Konzentration von 35 g K pro kg TS überschritten wird.

**Veränderung im Verlauf des Alters:** Die K-Gehalte sind bei allen untersuchten Wiesenpflanzen altersabhängig - bei Klee weniger ausgeprägt, hingegen bei Luzerne und den Gräsern markant. Ausser bei Weissklee und Löwenzahn des 1. Aufwuchses gehen die K-Gehalte mit zunehmendem Alter zurück. Die durchschnittliche Abnahme beträgt für Knautgras 2,4 g pro kg TS und Woche im 1. Aufwuchs und 1,6 g in den Folgeaufwüchsen. Die K-Gehalte von Löwenzahn steigen

**Tab. 2. Phosphorgehalte der untersuchten Wiesenpflanzen (g pro kg Trockensubstanz)**

Art	Aufwuchs	n	Mittel	Min.	Max.	VK	R <sup>2</sup>
Knautgras	Erster	32	3,6	2,3	5,7	25	0,71
	Folgende	45	4,0	3,2	5,2	12	0,41
Engl. Raigras	Erster	32	3,4	1,9	4,9	23	0,55
	Folgende	44	3,9	2,6	5,7	15	0,53
Wiesenfuchschwanz	Erster	30	3,3	2,1	4,8	24	0,71
	Folgende	36	3,8	2,6	5,0	18	0,65
Ital. Raigras	Erster	16	2,7	1,8	4,2	26	0,82
	Folgende	21	3,6	2,0	5,8	22	0,45
Weissklee	Erster	23	4,0	3,2	4,4	7	0,13
	Folgende	46	3,6	2,8	5,0	14	0,34
Rotklee	Erster	28	3,1	1,9	4,0	19	0,81
	Folgende	37	2,9	1,7	4,3	17	0,63
Luzerne	Erster	16	3,7	2,6	4,8	19	0,64
	Folgende	21	3,8	2,7	4,6	16	0,31
Löwenzahn	Erster	29	4,1	3,2	5,2	12	0,08
	Folgende	26	5,6	4,5	6,8	11	0,12
Wiesenkerbel	Alle	8	5,1	4,3	6,1	12	(0,22)
Bärenklau	Alle	11	5,3	4,1	6,7	17	(0,32)

VK=Variationskoeffizient

R<sup>2</sup>=Bestimmtheitsmass der Regression zwischen P-Gehalt und Zeit

**Tab. 3. Magnesiumgehalte der untersuchten Wiesenpflanzen (g pro kg Trockensubstanz)**

Art	Aufwuchs	n	Mittel	Min.	Max.	VK	R <sup>2</sup>
Knautgras	Erster	32	1,3	0,8	1,8	23	0,48
	Folgende	45	2,1	1,5	2,7	14	0,03
Engl. Raigras	Erster	31	1,2	0,9	1,8	17	0,32
	Folgende	44	2,0	1,2	3,1	20	0,06
Wiesenfuchschwanz	Erster	30	1,3	0,8	1,7	15	0,07
	Folgende	36	1,6	1,1	2,1	12	0,00
Ital. Raigras	Erster	16	1,2	0,8	1,9	25	0,24
	Folgende	21	2,2	1,1	3,2	23	0,04
Weissklee	Erster	24	2,0	1,4	2,5	15	0,01
	Folgende	46	2,1	1,5	2,7	19	0,01
Rotklee	Erster	28	2,4	1,6	3,2	21	0,09
	Folgende	37	2,4	1,3	3,6	25	0,29
Luzerne	Erster	15	2,4	1,7	3,2	21	0,77
	Folgende	22	2,2	1,6	3,1	23	0,65
Löwenzahn	Erster	28	2,8	2,0	4,4	25	0,48
	Folgende	27	4,0	3,2	5,5	17	0,01
Wiesenkerbel	Alle	8	1,7	1,4	2,3	18	(0,94)
Bärenklau	Alle	11	3,4	2,9	4,4	12	(0,14)

VK=Variationskoeffizient

R<sup>2</sup>=Bestimmtheitsmass der Regression zwischen Mg-Gehalt und Zeit

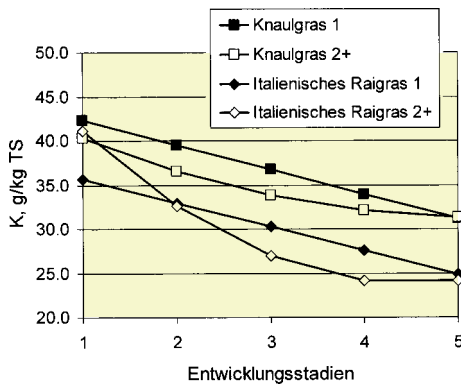


Abb. 7. Verlauf des Kaliumgehaltes (K) der Gräser in Abhängigkeit des Entwicklungsstadiums während des 1. Aufwuchses (1) und der Folgeaufwüchse (2+).

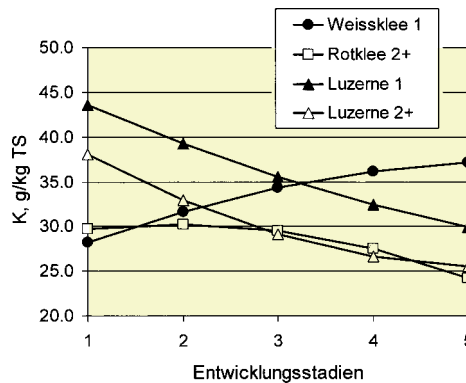


Abb. 8. Verlauf des Kaliumgehaltes (K) der Leguminosen in Abhängigkeit des Entwicklungsstadiums während des 1. Aufwuchses (1) und der Folgeaufwüchse (2+).

Tab. 4. Kaliumgehalte der untersuchten Wiesenpflanzen (g pro kg Trockensubstanz)

Art	Aufwuchs n	Mittel	Min.	Max.	VK	R <sup>2</sup>	
Knautgras	Erster	31	34,0	22,9	50,0	19	0,56
	Folgende	44	34,2	26,6	44,2	13	0,51
Engl. Raigras	Erster	32	30,4	20,4	50,9	22	0,38
	Folgende	44	32,0	18,2	47,9	18	0,58
Wiesenfuchschwanz	Erster	29	30,7	23,4	37,1	11	0,51
	Folgende	36	32,3	18,9	44,1	20	0,76
Ital. Raigras	Erster	16	27,9	18,9	43,0	23	0,74
	Folgende	21	29,4	16,7	57,2	32	0,55
Weissklee	Erster	23	36,0	29,6	42,8	10	0,15
	Folgende	46	32,4	23,3	39,0	11	0,12
Rotklee	Erster	26	29,4	19,5	37,0	17	0,11
	Folgende	37	27,8	19,3	38,7	16	0,33
Luzerne	Erster	14	32,8	24,8	45,9	19	0,33
	Folgende	22	29,9	22,0	46,4	20	0,61
Löwenzahn	Erster	29	42,3	28,6	56,3	16	0,29
	Folgende	24	48,0	41,3	55,4	8	0,40
Wiesenkerbel	Alle	8	51,1	39,4	61,8	16	(0,05)
Bärenklau	Alle	11	46,0	37,7	58,4	14	(0,14)

VK=Variationskoeffizient

R<sup>2</sup>=Bestimmtheitsmass der Regression zwischen K-Gehalt und Zeit

im 1. Aufwuchs um 1,7 g pro kg TS und Woche an, während in den Folgeaufwüchsen der K-Gehalt um 0,7 g abfällt.

**Veränderung im Verlauf des Entwicklungsstadiums:** Analog zum Alterseinfluss ist der Effekt des Entwicklungsstadiums auf den K-Gehalt der Gräser und der Luzerne (R<sup>2</sup> = 0,40 bis

0,75) stärker als bei Klee (R<sup>2</sup> = 0,08 bis 0,32). Zum Beispiel Knautgras mit dem höchsten K-Gehalt innerhalb der Gräser verliert mit fortschreitendem Entwicklungsstadium 2,8 g K pro kg TS und Einheit im 1. Aufwuchs und 2,1 g K in den Folgeaufwüchsen (Abb. 7). Bei Italienischem Raigras mit dem tiefsten K-Gehalt verläuft die Abnahme im 1. Aufwuchs in der gleichen Größenordnung wie beim Knautgras, die Verminderung verstärkt sich aber in den Folgeaufwüchsen auf -4,1 g K pro Einheit. Bei den Leguminosen bildet die Zunahme der K-Gehalte im 1. Aufwuchs von Weissklee und die Verringerung in den Folgeaufwüchsen von Rotklee die Grenze der Variationsbreite der K-Gehalte in Klee (Abb. 8). In frühen Entwicklungsstadien übersteigen die K-Gehalte von Luzerne diejenigen von Klee. Die hohen K-Gehalte von Löwenzahn steigen im Verlauf des 1. Aufwuchses mit zunehmendem Entwicklungsstadium um +1,9 g K an und sinken in den Folgeaufwüchsen erst bei späten Entwicklungsstadien ab (-3,8 g K).

Die im Grünen Buch aufgeführten K-Werte stimmen mehrheitlich mit den in der vorliegenden Untersuchung analysierten Gehalten überein.

## Folgerungen

■ Beim Ca-Gehalt stellt die botanische Zugehörigkeit die wichtigste Variationsursache dar. Aufwuchs, Alter und Entwicklungsstadium üben keinen deutlichen Einfluss aus. Eine Modellierung auf der Grundlage dieser Kriterien ergibt für das Ca keine genügende Schätzgenauigkeit.

■ Der Einfluss der botanischen Zugehörigkeit auf die P-Gehalte ist schwach, während der Effekt des Alters und Entwicklungsstadiums eindeutig nachweisbar ist, namentlich bei den Gräsern. Eine Modellierung auf Grundlage dieser Kriterien ist somit möglich.

■ Die Mg-Gehalte der untersuchten Wiesenpflanzen variieren mit der botanischen Zugehörigkeit und dem Aufwuchs, während Alter und Entwicklungsstadium keinen ausgeprägten Einfluss ausüben. Wie im Fall von Ca lässt sich beim Mg mit den beiden letzten Kriterien als Schätzparameter nicht genau genug modellieren.

■ Botanische Zugehörigkeit, Aufwuchs, Alter und Entwicklungsstadium beeinflussen die K-Gehalte gleichermassen. Eine Schätzgleichung basierend auf diesen Kriterien kann in Betracht gezogen werden.

■ Da raufutterbetonte Rationen oft reich an Ca und K, aber arm an P und Mg sein können, ist es wichtig, deren Gehalt an diesen Mineralstoffen möglichst genau zu kennen. Nur so können durch ein Manko oder einen Überschuss ausgelöste Stoffwechselstörungen vermieden werden.

■ Insgesamt stimmen die im Grünen Buch tabellierten Mineralstoffwerte für Ca, P, Mg und K recht gut mit den in der vorliegenden Studie analysierten Werten überein.

## Literatur

- Daccord R., Arrigo Y., Jeangros B., Scehovics J., Schubiger F. und X., Lehmann J., 2001. Nährwert von Wiesenpflanzen: Gehalt an Zellwandbestandteilen. *Agrarforschung* **8** (4), 180-185.
- Bouchet J. P. et Gueguen L., 1981. Constituants minéraux majeurs des fourrages et des aliments concentrés. In: *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Tables de prévision de la valeur alimentaire des fourrages*, 189-202. Ed. INRA, Versailles, 591 p.
- Jans F. und Kessler J., 1999. Fütterungsempfehlungen für die Milchkuh, 83-112. In: *Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer*. (4. überarb. Aufl.), LMZ, Zollikofen, 327 S.
- Jeangros B., Scehovics J., Schubiger F. X., Lehmann J., Daccord R. und Arrigo Y., 2001a. Nährwert von Wiesenpflanzen: Trockensubstanz-, Rohprotein- und Zuckergehalte. *Agrarforschung* **8**(2), 78-86.
- Jeangros B., Scehovics J., Schubiger F. X., Lehmann J., Daccord R. und Arrigo Y., 2001b. Nährwert von Wiesenpflanzen: Phenolische Verbindungen. *Agrarforschung* **8**(7), 264-269.
- Meschy F. et Guéguen L., 1995. Ingestion et absorption des éléments minéraux majeurs. In: *Nutrition des ruminants domestiques, ingestion et digestion*, 721-758. Ed. Jarrige *et al.*, INRA, Paris, 921 p.
- Minson D. J., 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press, London, 483 p.
- RAP, 1999. Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. (4. überarb. Aufl.), LMZ, Zollikofen, 327 S.
- Underwood E.J. and Suttle N.F., 1999. The mineral nutrition of livestock. 3rd edition, CABI Publishing, Oxon, 614 p.

## RÉSUMÉ

### Valeur nutritive des plantes des prairies. Teneurs en calcium, phosphore, magnésium et potassium

Les teneurs en calcium (Ca), en phosphore (P), en magnésium (Mg) et en potassium (K) ont été analysées dans 10 espèces importantes des prairies. Grâce à plus de 500 échantillons, l'influence de l'espèce, du cycle de végétation, de l'âge et du stade de développement sur ces teneurs a pu être précisée. La teneur moyenne en Ca est nettement plus élevée dans le groupe des légumineuses ( $15,1 \pm 2,5$  g/kg MS) et des « autres plantes » ( $13,7 \pm 4,0$  g) que dans le groupe des graminées ( $3,7 \pm 1,1$  g). L'âge et le stade de développement n'ont qu'une faible influence sur ces teneurs. Les graminées ont globalement une teneur en P semblable à celle des légumineuses ( $3,6 \pm 0,8$  g/kg MS et  $3,4 \pm 0,6$  g). Les « autres plantes » se distinguent par une teneur moyenne plus élevée ( $4,9 \pm 0,9$  g). L'influence de l'âge ou du stade est marqué, surtout chez les graminées. Les graminées ont la teneur moyenne en Mg la plus basse ( $1,7 \pm 0,5$  g/kg MS), les « autres plantes » la teneur la plus élevée ( $3,2 \pm 1,0$  g). Les légumineuses ont une valeur intermédiaire ( $2,3 \pm 0,5$  g). Le cycle de végétation a des effets sur la teneur en Mg, alors que l'âge et le stade de développement ne l'influencent que peu. La teneur moyenne en K est semblable entre les groupes des graminées et des légumineuses ( $31,8 \pm 6,4$  g/kg MS et  $31,1 \pm 5,2$  g). Les « autres plantes » ont une teneur moyenne plus élevée ( $45,8 \pm 6,8$  g). Le cycle de végétation, l'âge et le stade de développement influencent la teneur en K.

## SUMMARY

### Nutritive value of grassland plants: Contents of calcium, phosphorus, magnesium and potassium

The content of calcium (Ca), phosphorus (P), magnesium (Mg) and potassium (K) was analysed in 10 important species of grassland plants. The analyses of more than 500 samples give a better knowledge of the influence of species, age and stage of development. The Ca content is clearly higher in the groups of legumes ( $15.1 \pm 2.5$  g/kg DM) and herbs ( $13.7 \pm 4.0$  g) than in the group of grasses ( $3.7 \pm 1.1$  g). The age and the stage of development have little effect. On average, the P concentration in grasses and legumes is similar ( $3.6 \pm 0.8$  g/kg DM and  $3.4 \pm 0.6$  g), but it is higher in herbs ( $4.9 \pm 0.9$  g). The effect of age and stage of development is important, especially for grasses. The mean concentration of Mg is the highest in herbs ( $3.2 \pm 1.0$  g), followed by legumes ( $2.3 \pm 0.5$  g) and grasses ( $1.7 \pm 0.5$  g/kg DM). The growing cycle has an effect on the Mg content, whereas the age and the stage of development have only little influence. On average, the K content is almost the same for grasses and legumes ( $31.8 \pm 6.4$  g/kg DM and  $31.1 \pm 5.2$  g), but higher for herbs ( $45.8 \pm 6.8$  g). It is mostly determined by the growing cycle, the age and the stage of development.

**Key words:** grasses, legumes, herbs, calcium, phosphorus, magnesium, potassium, content