

Nutztiere

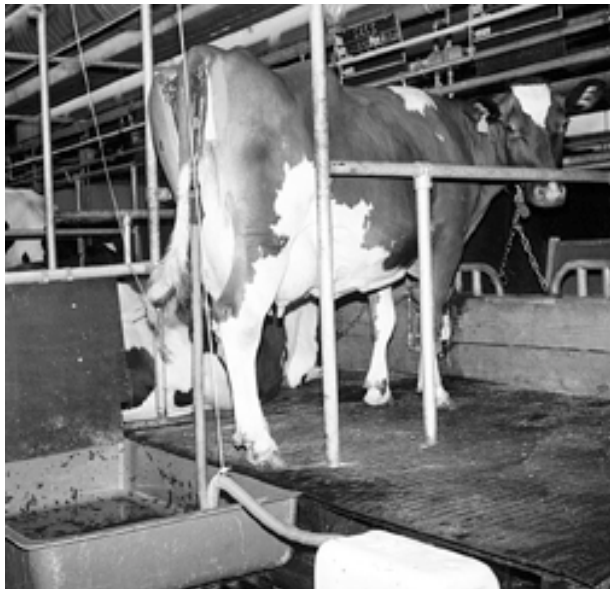
Kaliumreiches Wiesenfutter belastet Stoffwechsel der Milchkuh

Jürg Kessler, Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere (RAP), CH-1725 Posieux

Auskünfte: Jürg Kessler, e-mail: juerg.kessler@rap.admin.ch, Fax +41 (0)26 407 73 00, Tel. +41 (0)26 407 71 11

Eine Erhöhung des Kalium-Angebotes von 30 auf 40 g je kg Trockensubstanz Ration erhöht signifikant den Wasserkonsum und verdoppelt annähernd die Harnproduktion. Im Weiteren wird die Verdaulichkeit des Magnesiums tendenzmässig reduziert. Entgegen einer verbreiteten Meinung kommt es nicht zu einer Verarmung des Organismus an Natrium. Demgegenüber wird die Verwertung des Spurenelementes Iod negativ beeinflusst. Nicht zuletzt bewirkt die Erhöhung des K-Angebotes eine verstärkte Alkalisierung des Stoffwechsels.

Bilanzversuch bedeutet sammeln von Futterresten, Kot, Harn und Milch im Stoffwechselstand.



Das lebensnotwendige Mengenelement Kalium (K) erfüllt im Stoffwechsel der Milchkuh zahlreiche Aufgaben. Es spielt eine wichtige Rolle bei der Aufrechterhaltung des osmotischen Drucks in den Zellen. Es betei-

ligt sich an der Stabilisierung des pH-Wertes in den Körperflüssigkeiten. Auch für eine normale Reizempfindlichkeit und Reizleitung in Nerven und Muskeln braucht es Kalium.

Der Kalium-Mangel kommt unter üblichen schweizerischen Fütterungs- und Haltungsbedingungen bei der Milchkuh nicht vor. Demgegenüber ist der Kalium-Überschuss in unseren an Wiesenfutter reichen Rationen weit verbreitet. Grünes und konserviertes Wiesenfutter enthält zwischen 8 und 50 g K je kg TS mit einem Mittelwert von 30 g je kg TS. Über den Einfluss eines hohen Kalium-Angebotes auf Leistung und Stoffwechsel der Milchkuh gibt es insgesamt mehr Hypothesen als Fakten. Zusammenfassend soll ein hohes Kalium-Angebot den Verzehr und die Milchleistung negativ beeinflussen. Abmagerung, Durchfall, Blähungen und Lecksucht bilden weitere Anzeichen eines Überschusses an Kalium. Auch werden Störungen im Kalzium-, Magnesium-, Iod-, β -Carotin- und Vitamin-B₁₂-Stoffwechsel beschrieben. Sichtbare Symptome dieser Störungen können unter anderem Milchfieber, Weidetetanie und Fruchtbarkeitsstörungen bilden.

Da die Informationen über die Auswirkungen eines hohen Kalium-Angebotes auf den Stoffwechsel der Milchkuh lückenhaft sind, sollten in einem Bilanzversuch die gegenwärtigen Kenntnisse präzisiert und erweitert werden. Im Gegensatz zu prak-

tisch allen publizierten Untersuchungen zum Thema Kalium-Überschuss wurde die Versuchsration nicht mit Kaliumbicarbonat oder Kaliumchlorid ergänzt. Vielmehr wurden zwei Dürrfutter eingesetzt, die einen hohen beziehungsweise mittleren natürlichen Kalium-Gehalt aufwiesen. Dies erlaubt eine bessere Anpassung der Versuchsbedingungen an die Praxisverhältnisse.

Versuchsbeschreibung

In einem Bilanzversuch erhielten zwölf laktierende Milchkuhe verteilt auf zwei Kalium-Konzentrationen eine Dürr-Kraftfütteration mit folgenden Kalium- und Natrium(Na)-Gehalten:

K40: Ration mit 40 g K/kg TS; Na 100 oder 200 % der RAP-Empfehlung (1999)

K30: Ration mit 30 g K/kg TS; Na 100 oder 200 % der RAP-Empfehlung (1999)

Die Kalium- und Natrium-Gehalte in den Rationen wurden durch den Einsatz von zwei Dürrfutter mit unterschiedlichem natürlichem Kalium-Gehalt sowie durch eine variierende NaCl-Ergänzung eingestellt. Die Dürrfutturvorlage erfolgte annähernd *ad libitum*. Vom Kraftfutter wurde eine fixe Menge verabreicht. Mengenmässig unterschieden sich die verfütterten Rationen im Energie-, Protein- und Mineralstoffangebot (ausser K und NaCl) nur unwesentlich. Die Kationen-Anionen-Bilanz (DCAB) der Rationen mit hohem K-Gehalt betrug 794 meq/kg TS Ration bei be-

darfsgerechtem Na-Angebot und 774 meq/kg TS Ration bei einem Na-Angebot von 200 %. Die entsprechenden Werte für die Rationen mit geringerem K-Gehalt lagen bei 560 und 546 meq/kg TS Ration. Auf Grund der unterschiedlichen Qualität der eingesetzten Dürrfutter und der damit verbundenen unterschiedlichen Ausgleichsfütterung (Gerste oder Sojaschrot) sind die Rationen in Bezug auf die Rohfaser- und Proteinqualität mit Einschränkung vergleichbar. Auf eine Adaptationsperiode von 47 Tagen folgte eine 2 x 4 Tage dauernde Bilanzperiode mit Kot- und Harnsammlung. In Tabelle 1 sind weitere Einzelheiten zur Versuchsanlage und in Tabelle 2 zur chemischen Zusammensetzung der verfütterten Futtermittel zusammengefasst. Im Folgenden soll der Einfluss der unterschiedlichen Kalium-Zufuhr auf den Stoffwechsel der Milchkühe diskutiert werden. Eine weitere Publikation wird die Ergebnisse bezüglich des Natrium-Angebotes zum Thema haben.

Eckdaten Futtermittelverzehr, Wasserkonsum und Leistung

Der Futtermittelverzehr der Versuchstiere liegt zwischen 19,2 und 20,0 kg TS je Tier und Tag. Bedingt durch die Versuchsanlage streut er nur unwesentlich. Verschiedene Autoren (Conrad 1989; Fisher *et al.* 1994) beschreiben einen reduzierten Futtermittelverzehr bei hoher Kalium-Zufuhr. Diese Reduktion dürfte jedoch primär auf die mengenmässig bedeutende Ergänzung der Rationen mit wenig schmackhaften Kalium-Verbindungen wie Kaliumbicarbonat oder Kaliumchlorid zurückzuführen sein.

Vergleichbar den Ergebnissen von Fisher *et al.* (1994) sind auch im vorliegenden Versuch statistisch signifikante Differenzen im Wasserkonsum (Abb. 1) zwischen den Verfahren zu beob-

Tab. 1. Versuchsanlage

Versuchstiere	6 Red Holstein x Simmental- und 6 Schwarzfleckvieh-Kühe; erste bis vierte Laktation
Laktationsstadium	5. bis 10. Laktationsmonat
Versuchsdauer	47 Tage Adaptationsperiode, 2 x 4 Tage Bilanzperiode
Haltung	Anbindehaltung
Versuchsanordnung	2 x 2 Faktorenversuch mit Blockanordnung
Futter	Dürrfutter ergänzt mit mineralisiertem und vitaminisiertem Krafftutter
Fütterung	Dürrfutter annähernd <i>ad libitum</i> ; fixe Krafftutterzuteilung
Versuchsparameter	Futtermittelverzehr, Wasserkonsum, Milchproduktion, Milchzusammensetzung, Nähr- und Mineralstoffbilanz, Blutparameter, Mineralstoffgehalt Speichel

Tab. 2. Chemische Zusammensetzung und Nährwert des Dürr- und Krafftutters

	Dürrfutter		Krafftutter	
	K40	K30	K40	K30
Trockensubstanz (TS) %	88,8	90,8	87,6	87,8
<i>in der TS, g/kg:</i>				
Organische Substanz	879	913	948	860
Rohprotein	209	125	101	454
Rohfaser	205	216	27	54
Gerüstsubstanzen (NDF)	353	411	113	190
Lignozellulose (ADF)	251	243	40	84
Kalzium	7,74	5,12	< 1,0	24,23
Phosphor	4,18	3,52	3,48	6,22
Magnesium	2,03	1,61	1,18	3,88
Kalium	46,2	30,2	5,7	22,8
Natrium	0,41	0,33	7,95/20,13 ¹	6,88/16,06 ¹
Chlor	7,5	4,2	12,4/30,3 ¹	10,5/24,8 ¹
Schwefel	2,10	1,45	1,49	3,90
<i>in der TS, mg/kg:</i>				
Mangan	56,1	61,5	8,8	47,4
Iod	0,61	0,39	5,32	5,13
<i>in der TS:</i>				
Nettoenergie Laktation (NEL) MJ/kg	5,9 ²	5,8	8,1	6,9
Absorbierbares Protein im Darm (APD) g/kg	106	90	110	228

¹ erster Wert Na 100 %; zweiter Wert Na 200 % der RAP-Empfehlungen (RAP 1999)

² korrigiert auf 12 % Rohasche

achten. So nehmen die Tiere mit hohem Kalium-Angebot rund 119 l Wasser pro Tag auf, während es bei denjenigen mit tieferem Angebot 103 l sind. Zwischen der K-Aufnahme und dem Wasserkonsum besteht eine statistisch gesicherte, positive Korrelation ($r = 0,69$; $P < 5 \%$).

Die Milchproduktion der Versuchstiere liegt zwischen 23,5 und 28,4 kg pro Tag. Die beobachteten Unterschiede können nicht als Verfahrenseffekt gewertet werden. Sie sind vielmehr auf die Versuchsanlage zurückzuführen. Nach Fisher *et al.* (1994) wird durch eine Erhö-

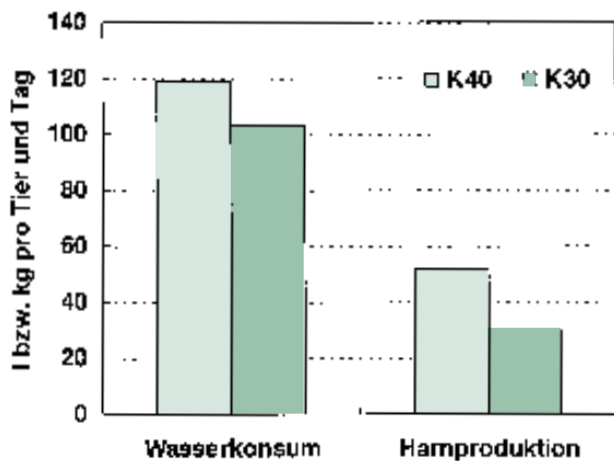


Abb. 1. Wasserkonsum und Harnproduktion.

Die Erhöhung des Kalium-Angebotes von 31 auf 46 g/kg TS die Milchleistung verringert. Demgegenüber bleiben, wie auch im vorliegenden Versuch, die Milchhaltsstoffe Fett und Protein vom K-Angebot unbeeinflusst. Die gleichen Autoren stellten im Weiteren eine deutliche Zunahme der Milchzellzahlen bei hohem K-Angebot fest. Diese Beobachtung wird durch den vorliegenden Versuch nicht bestätigt.

Unterschiedliche Kot- und Harnproduktion

In der Tendenz ($P=6,3\%$) produzieren die Tiere mit hohem Kalium-Angebot weniger Kot als die Tiere mit geringerem Angebot. Jedoch ist der TS-Gehalt des Kotes mit 13,2 % gegenüber 11,4 % signifikant höher.

Tab. 3. Verdaulichkeit der Hauptnährstoffe sowie der Mineralstoffe

		K-Angebot		s _x
		K40	K30	
Organische Substanz	%	77,1	76,1	0,6
Rohprotein	%	69,9 ^a	67,2 ^b	0,5
Rohfaser	%	79,4 ^a	74,8 ^b	0,9
Kalzium	%	9,3	6,7	3,1
Phosphor	%	31,7	29,6	1,6
Magnesium	%	4,8	10,4	3,1
Kalium	%	94,5 ^a	90,4 ^b	0,8
Natrium	%	84,3	76,0	3,2
Chlor	%	88,0 ^a	72,8 ^b	1,5

Werte derselben Linie mit ungleichen Buchstaben sind signifikant verschieden ($P < 5\%$).

Mit rund 52 l gegenüber 30 l haben die Versuchskühe mit hohem Kalium-Gehalt in der Ration eine statistisch wesentlich höhere Harnproduktion (Abb. 1). Ein Ergebnis, das durch die Untersuchungen von Conrad 1989 und Fisher *et al.* 1994 bestätigt wird.

Grobraster Nähr- und Mineralstoff-Verdaulichkeit

Die zwischen dem Verfahren mit hohem und tieferem Kalium-Angebot (Tab. 3) gemessenen Differenzen in der Verdaulichkeit des Rohproteins sowie der Rohfaser sind kaum das Resultat der unterschiedlichen Kalium-Versorgung. Vielmehr dürften sie die unterschiedliche Futterqualität (Dürr- und Kraftfutter) der verfütterten Rationen wiedergeben. So sind K-reiche Dürrfutter in der Regel auch reich an Protein und umgekehrt und verlangen auch eine unterschiedliche Ausgleichsfütterung. Dies ist ebenfalls bei der vorliegenden Versuchsration der Fall. In Versuchen mit identischer Ration und einer Kalium-Ergänzung in Form von chemischen Verbindungen konnte in der Regel kein signifikanter Einfluss des Kaliums auf die Verdaulichkeit des Rohproteins festgestellt werden (Conrad 1989; Fisher *et al.* 1994).

Ein Blick auf die scheinbare Verdaulichkeit der Mineralstoffe (Tab. 3) zeigt, dass durch ein hohes Kalium-Angebot die Verdaulichkeit der Elemente Kalium und Chlor signifikant erhöht wird. Der oft aufgezeigte negative Einfluss hoher Kalium-Angebote auf die Magnesium-Verdaulichkeit (Martens und Raysigui 1980; Greene *et al.* 1983; Schonewille *et al.* 1999) ist auch im vorliegenden Versuch ansatzweise zu beobachten. Da die Tiere mit hohem K-Angebot auch mehr Chlor aufnehmen und nach Schonewille *et al.* (1997) das Cl vermutlich die scheinbare

Mg-Verdaulichkeit fördert, ist die Reduktion in der Mg-Verdaulichkeit vielleicht weniger deutlich ausgefallen als erwartet. Der gleiche Autor stellt aber auch die Hypothese auf, dass ab einem K-Angebot von 3 % in der Ration, die Mg-Verdaulichkeit nicht mehr wesentlich beeinträchtigt wird.

Mineralstoffverwertung mit Unterschieden

Der oft beschriebene Einfluss hoher Kalium-Angebote auf die Verwertung des Magnesiums (Fontenot *et al.* 1973; Martens *et al.* 1998) ist auch im vorliegenden Versuch zu erkennen (Tab. 4). Gemessen in % der Aufnahme scheiden die Tiere mit hohem Kalium-Angebot im Vergleich zu denjenigen mit niedrigem etwas mehr Magnesium über den Kot aus. Dafür ist die Magnesium-Ausscheidung über den Harn geringer. Damit ergeben sich für die retinierte Magnesiummenge vergleichbare Werte. Unabhängig vom Verfahren ist die Magnesium-Retention durchwegs leicht negativ.

Durch die Erhöhung des K-Angebotes von 3 auf 4 % nimmt die K-Retention von 15 g auf 58 g pro Tag zu ($P < 5\%$). Mit 125 g je Tier und Tag bei einem K-Angebot von 4,6 % in der Ration liegt die von Fisher *et al.* (1994) gemessene K-Retention noch deutlich höher. Diese Zahlen führen zur Frage, wo das in erheblichen Mengen retinierte Kalium eingelagert wird. McCance und Widdowson (1958) konnten nachweisen, dass im Überschuss aufgenommenes Kalium in der Skelettmuskulatur abgespeichert wird. Nach Krisanov (1987) sollen sich in den Muskeln 63 bis 68 % der K-Reserven befinden. Auf die Frage, wieviel Kalium insgesamt abgespeichert werden kann und was passiert, wenn einmal die Speicher gefüllt sind, darüber liegen unseres Wissens keine Daten vor.

Wie bereits in anderen Arbeiten aufgezeigt (Greene *et al.* 1983; Kessler 1987; Conrad 1989), wirkt sich ein hohes Kalium-Angebot nicht negativ auf die Natrium-Retention aus. So kommt es nicht zu der in älteren Arbeiten erwähnten Na-Verarmung des Organismus. In der Tendenz wird mehr Natrium über den Harn ausgeschieden, im Ausgleich dazu wird aber die Ausscheidung über den Kot reduziert (Martens *et al.* 1998).

Das Kalium-Angebot beeinflusst signifikant die Ausscheidungswege des Chlors. Bei hohem Kalium-Angebot wird mehr Chlor über den Harn und weniger über den Kot ausgeschieden als bei tieferem Angebot. Paquay *et al.* (1969) leiten aus ihren Untersuchungen ab, dass zur Ausscheidung von hohen K-Mengen auch mehr Chlor benötigt, das heisst über den Harn ausgeschieden wird.

Unterschiedliche Mineralstoff-Konzentrationen in Kot, Harn und Milch

Je nach Kalium-Angebot unterscheidet sich die Konzentration von Kot und Harn an Magnesium, Kalium, Natrium und Chlor teilweise deutlich (Tab. 5). Interessant sind dabei vor allem die Harnwerte. Durch ein hohes Kalium-Angebot wird die Konzentration des Harns an Magnesium, Kalium und Natrium signifikant erniedrigt. Nach Martens und Gäbel (1985) besteht bei einer Mg-Konzentration unter 5 mg pro 100 ml Harn das Risiko eines Mg-Mangels. Mit einem Wert von 4,8 mg Mg pro 100 ml liegen die Versuchstiere mit 4 % K in der Ration im kritischen Bereich. Bei der Interpretation dieses Wertes gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass die Tiere auf Grund der hohen K-Aufnahme mehr Wasser aufnehmen, beziehungsweise mehr Harn ausscheiden. Eher unerwartet sind die tieferen K-Konzentrationen

Tab. 4. Magnesium-, Kalium-, Natrium- und Chlorverwertung

		Aufnahme g/Tag	Ausscheidung bzw. Retention in % der Aufnahme			
			Kot	Harn	Milch	Retention
Magnesium	K40	38,9	95,2	6,5 ¹	6,5	-8,2
	K30	35,2	89,6	9,9	6,9	-6,3
	$s_{\bar{x}}$	0,7	3,1	1,3	0,3	3,4
Kalium	K40	849	5,6 ^a	83,4	4,3 ^a	6,8 ²
	K30	573	9,6 ^b	81,3	6,4 ^b	2,7
	$s_{\bar{x}}$	11	0,8	1,4	0,3	1,2
Natrium	K40	31,6	15,7 ³	55,8	32,4	-3,8
	K30	30,2	24,0	49,4	33,3	-6,7
	$s_{\bar{x}}$	0,3	3,2	5,6	2,4	6,3
Chlor	K40	174,3	12,1 ^a	68,4 ^a	13,3 ^a	6,3
	K30	110,7	27,2 ^b	47,4 ^b	22,1 ^b	3,4
	$s_{\bar{x}}$	1,5	1,5	1,7	0,7	1,6

Werte derselben Kolonne mit ungleichen Buchstaben sind signifikant verschieden ($P < 5\%$).

¹ $P = 11,4\%$; ² $P = 5,0\%$; ³ $P = 12,1\%$

im Harn der Kühe mit hohem im Vergleich zu denjenigen mit geringerem K-Angebot. Ein analoges Resultat zeigen jedoch auch die Untersuchungen von Conrad (1989) und Fisher *et al.* (1994).

Der pH-Wert des Harnes wird durch das Kalium-Angebot nicht wesentlich beeinflusst. Mit 1,026 kg/l bei hohem und 1,031 kg/l bei niedrigerem K-Angebot unterscheiden sich aber die Versuchskühe in Bezug auf die Harndichte statistisch signifikant ($P < 5\%$).

Das Kalium-Angebot verändert die Konzentration der Milch an Kalzium, Phosphor, Magnesium, Kalium, Natrium und Chlor nicht wesentlich. Ein hohes K-Angebot führt jedoch zu tieferen Iod-Konzentrationen in der Milch, obwohl die K-reichen Rationen mehr Iod enthalten. Tiefere Iod-Gehalte in der Milch deuten auf eine geringere Versorgung oder schlechtere Verwertung des zugeführten Iods hin. Neben dem höheren Angebot an Kalium könnte im vorliegenden Fall eventuell auch ein

höherer Gehalt an Nitrat im K-reichen Dürrfutter die Verwertung des Iods negativ beeinflussen. Nach Puls (1990) weisen Iod-Konzentrationen in der Milch von 30 bis 300 $\mu\text{g/l}$ auf eine bedarfsdeckende Iod-Versorgung der Milchkuh hin. Mit 96 und 135 $\mu\text{g Iod/l}$ Milch bei 13 % TS liegen die Werte unabhängig von der K-Versorgung im bedarfsdeckenden Bereich. Dennoch ist nicht auszuschliessen, dass bei länger andauernder Verfütterung des K-reichen Dürrfutters und/oder knappem Iod-Angebot die Iod-Versorgung marginal wird.

Speichelzusammensetzung: kaum Differenzen

Das Kalium-Angebot beeinflusst die an der Differenz Versuchsbeginn minus Versuchsende beurteilte Kalium- und Natrium-Konzentration im Speichel nicht signifikant. Zu Versuchsende beträgt die K- und Na-Konzentration für die Versuchstiere mit hohem K-Angebot 1142 und 1652 mg pro l Speichel. Für die Tiere mit tieferem K-Angebot liegen die entsprechenden Werte

Tab. 5. Mineralstoffkonzentration in Kot, Harn und Milch

		K-Angebot		s _x
		K40	K30	
Kot				
Magnesium	g/kg TS	7,55 ^a	6,11 ^b	0,19
Kalium	g/kg TS	9,6	10,6	0,8
Natrium	g/kg TS	0,95	1,38	0,17
Chlor	g/kg TS	4,24 ^a	5,76 ^b	0,37
Harn				
Magnesium	g/l	0,05 ^a	0,12 ^b	0,01
Kalium	g/l	14,0 ^a	16,1 ^b	0,4
Natrium	g/l	0,37 ^a	0,54 ^b	0,05
Chlor	g/l	2,35 ^a	1,85 ^b	0,08
Milch				
Kalzium	g/kg TS	7,89	7,95	0,22
Phosphor	g/kg TS	7,20	6,85	0,23
Magnesium	g/kg TS	0,76	0,73	0,02
Kalium	g/kg TS	10,8	11,0	0,4
Natrium	g/kg TS	2,79	2,75	0,16
Chlor	g/kg TS	7,01	7,31	0,29
Iod	mg/kg TS	0,74 ^a	1,04 ^b	0,08

Werte derselben Linie mit ungleichen Buchstaben sind signifikant verschieden (P < 5 %).

Tab. 6. Beurteilung der Natriumversorgung des Rindes auf Grund der Natrium- und Kaliumkonzentration im Speichel (Hennig 1972)

Na mg/l	K mg/l	Beurteilung der Na-Versorgung
über 3000	unter 500	Bedarfsdeckend
2000 bis 3000	500 bis 1500	Leichter Mangel, kein Einfluss auf Leistung
1000 bis 2000	1500 bis 2500	Mangel, Milchmenge vermindert
unter 1000	über 2500	Mangel, Milch- und Milchfettmenge vermindert

Tab. 7. Blutwerte arterielles Blut¹ zu Versuchsende

		K-Angebot		s _x
		K40	K30	
pCO ₂ ²	kPa	4,93	5,31	0,27
pO ₂ ³	kPa	15,50	13,65	1,20
pH-Wert		7,468 ⁶	7,425	0,015
HCO ₃ ⁻	mmol/l	25,7	24,9	0,7
SBE ⁴	mmol/l	3,3 ⁷	1,8	0,6
O ₂ sat ⁵	%	99,0	97,9	0,4

Werte derselben Linie mit ungleichen Buchstaben sind signifikant verschieden (P < 5 %).

¹ eine Probenahme aus der Ohrarterie; ² Kohlendioxidpartialdruck in Kilopascal; ³ Sauerstoffpartialdruck in Kilopascal; ⁴ Basenüberschuss; ⁵ Sauerstoffsättigung; ⁶ P = 9,3 %; ⁷ P = 9,7 %

bei 651 und 2259 mg/l. Bei den Tieren mit hohem Kalium-Angebot ist im Verlauf des Versuches eine leichte Zunahme in der Kalium-Konzentration des Speichels festzustellen.

Geht man von dem in Tabelle 6 aufgeführten Beurteilungsschema aus, müssten die Tiere aller Verfahren bei einem leichten Mangel ohne Auswirkungen auf die Leistung eingestuft werden. Dabei ist die Situation bei den Kühen mit hohem K-Angebot etwas kritischer. Bei vergleichbarer Versuchsanordnung, jedoch einer K-Ergänzung in Form von K-Bicarbonat, beobachtete auch Conrad (1989) gestützt auf Speichelanalysen bei den Kühen mit 4 % K einen leichten Na-Mangel. Die Tiere mit 3 % Kalium waren demgegenüber korrekt mit Na versorgt. Die annähernd ausgewogene Na-Bilanz im vorliegenden Versuch (Tab. 4) lässt sich nur bedingt mit den auf einen leichten Mangel hinweisenden Speichelwerten vereinbaren. Auch die in allen Verfahren gemessene tägliche Harnausscheidung von über 4 g Na pro 24 h weist nach Scholz (1990) eher auf eine korrekte Na-Versorgung hin. Bei der Interpretation von Speichelwerten gilt es sicher zu berücksichtigen, dass Futterresten sowie die Herkunft des Speichels (Ohrspeicheldrüse, Unterkieferdrüse, Unterzungendrüse) das Ergebnis beeinflussen können. Es stellt sich auch die Frage, ob bei hohem K-Angebot und bedarfsübersteigender NaCl-Versorgung die Speichelanalysen nicht zu falsch-negativen Ergebnissen führen.

Blutwerte weitgehend vergleichbar

In den zu Versuchsbeginn sowie nach 41 Versuchstagen erhobenen Blutparametern (Haematokrit, Gesamtprotein, Harnstoff, Elektrolyte und ausgewählte Enzyme sowie Hormone) bestehen

zwischen den Verfahren insgesamt keine biologisch relevanten Differenzen. Besonders widerspiegelt sich die unterschiedliche Kalium-Versorgung der Versuchstiere in der K-Serumkonzentration nicht. Zahlreiche Arbeiten belegen (u.a. Scholz 1990; Martens 1995), dass die K-Konzentration im Blut relativ streng reguliert wird und die Versorgung mit diesem Element nur unzureichend wiedergibt. Beim Magnesium ist bei den Verfahren mit hohem Kalium-Angebot zwischen Versuchsbeginn und dem 41. Versuchstag eine Abnahme der Blutserumkonzentration zu beobachten. Die gemessenen Werte liegen jedoch noch im Normalbereich.

Säure-Basenhaushalt: gewisse Differenzen

Im Hinblick auf eine optimale Fütterung der Milchkuh kommt dem Säure-Basenhaushalt und damit der Kalium-, Natrium- und Chlor-Versorgung eine wachsende Bedeutung zu. Wie aus Tabelle 7 hervorgeht, haben die Tiere der Verfahren mit 40 g Kalium gegenüber denen mit 30 g mit 3,3 mmol gegenüber 1,8 mmol/l in der Tendenz (P = 9,7 %) einen höheren Basenüberschuss im Blut. Auch deren Bicarbonat-Konzentration ist leicht höher. Als Folge des hohen Basenüberschusses weisen die Tiere mit hohem im Vergleich zu denen mit niedrigerem K-Angebot tendenzmässig (P = 9,3 %) einen höheren pH-Wert im arteriellen Blut auf. Die drei Werte weisen auf eine gewisse Alkalisierung des Stoffwechsels bei einer hohen K-Zufuhr hin.

Merkmale für die Praxis

Eine Erhöhung des Kalium-Angebotes von 30 auf 40 g/je kg TS Ration führt zu einer deutlichen Erhöhung des Wasserkonsums und verdoppelt annähernd die Harnproduktion. Entgegen der oft geäußerten Meinung kommt es jedoch bei einer hohen K-Zu-

fuhr über Dürrfutter nicht zu Durchfall. Die Verdaulichkeit der Hauptnährstoffe wird durch das K-Angebot selbst nicht wesentlich beeinflusst. Da aber K-reiche Wiesenfutter häufig reich an Protein sind, können sie sich in Bezug auf die Verdaulichkeit der Hauptnährstoffe von solchen mit geringerem K-Gehalt unterscheiden. Ein hohes K-Angebot reduziert die Mg-Verdaulichkeit. Dabei dürfte die Reduktion jedoch bei einer Erhöhung des K-Angebotes von 20 auf 30 g je kg Futter-TS markanter ausfallen als bei einer Anhebung von 30 auf 40 g. Wie auch die Mg-Konzentrationen im Harn und im Blut zeigen, erhöhen Rationen mit hohem K-Gehalt das Ri-

siko eines Mg-Mangels. Demgegenüber führt ein hohes K-Angebot entgegen der oft gehörten Meinung nicht zu einer wesentlichen Verarmung des Organismus an Na. Die tieferen Iod-Konzentrationen in der Milch bei hohem K-Angebot lassen die Vermutung zu, dass der Iod-Stoffwechsel durch die Verfütterung von K-reichem Dürrfutter negativ beeinflusst wird. Eine marginale oder nicht bedarfsdeckende Iod-Versorgung kann bei der Milchkuh zu Fruchtbarkeitsstörungen führen. Durch das unterschiedliche K-Angebot verändert sich die K-Blutkonzentration nur unwesentlich. Somit dürfte das Blut sich kaum zum Nachweis hoher K-Aufnah-

men eignen. Das hohe K-Angebot bewirkt im Vergleich zum niedrigeren Angebot eine gewisse Alkalisierung des Stoffwechsels. Diese Entwicklung ist im Hinblick auf die Milchfiebersprophylaxe im Zeitraum Abkalben unerwünscht. Auf Grund der beobachteten Veränderungen im Stoffwechsel der Milchkuh bei Verfütterung von hohem K-Mengen gilt die Empfehlung, das Kalium-Angebot in der Ration so weit wie möglich dem Bedarf anzunähern.

Literatur

Das Literaturverzeichnis kann beim Autor bezogen werden.

RÉSUMÉ

L'influence de deux niveaux de potassium dans la ration sur le métabolisme minéral et d'autres paramètres du métabolisme chez la vache laitière

Au cours d'un essai factoriel 2 x 2 réalisé avec 12 vaches, l'influence sur le métabolisme minéral ainsi que sur d'autres paramètres du métabolisme, de deux niveaux de K (30 et 40 g par kg de matière sèche dans la ration) et de Na (100 et 200 % des recommandations suisses), a été étudiée. Les teneurs en potassium et en sodium ont été ajustées par l'emploi de fourrages secs avec différentes teneurs naturelles en K, ainsi que par un complément variable en NaCl. Du point de vue quantitatif, les rations expérimentales présentaient une teneur comparable en énergie, en protéine et en minéraux (sauf pour K, Na et Cl). Le fourrage sec était présenté pratiquement *ad libitum*. La quantité d'aliment concentré distribuée était fixe. A une période d'adaptation de 47 jours, a succédé une période de bilan de 2 x 4 jours, avec collecte de fèces et d'urine.

L'augmentation de l'apport en potassium, de 30 g à 40 g par kg de MS dans la ration, a eu pour conséquence une hausse significative de la consommation d'eau (103 l/animal/jour; 119 l/animal/jour) et de la production d'urine (30 kg/animal/jour; 52 kg/animal/jour). La digestibilité du magnésium a eu tendance à diminuer (10%; 5%). Aucune différence significative n'a été enregistrée dans la rétention des éléments majeurs Ca, P, Mg, K, Na et Cl entre les deux apports en K. La concentration du lait en éléments majeurs n'a pas été influencée de façon importante. Par contre, les vaches avec 40 g de K dans la ration avaient des concentrations en iode significativement inférieures dans le lait (0,74 mg/kg de MS contre 1,04 mg/kg de MS pour 30 g de K). Il n'y avait pas de différences biologiques importantes dans la concentration du sérum en K, Na et Cl entre les deux niveaux de K. L'apport élevé en K a toutefois provoqué une alcalisation plus marquée du métabolisme.

SUMMARY

Influence of two levels of potassium on mineral metabolism and selected metabolism parameters of dairy cows

In a feeding trial set up as a 2 x 2 factorial design, the effect of 30 g and 40 g of potassium per kg of DM in a diet containing 100 % or 200 % of Swiss sodium recommendations on mineral metabolism and on selected parameters of 12 dairy cows was investigated. The desired K and Na contents were adjusted by feeding hay differing in its natural K content and by varying NaCl supplementations. The experimental rations contained comparable energy, protein and mineral concentrations, except for K, Na and chloride. Hay was offered close to *ad libitum*, though within a same block cows were fed the same amount. Concentrate allowances were constant. After an adaptation period of 47 days followed a balance period of 2 x 4 days with quantitative faeces and urine collection.

Increasing K supply from 30 g to 40 g per kg of diet DM resulted in a significant higher water consumption (103 l/cow, day; 119 l/cow, day) and urine production (30 kg/cow, day; 52 kg/cow, day). Mg digestibility tended to be reduced (10%; 5%). Ca, P, Mg, Na, and Cl retention did not differ significantly between the two K levels. Likewise, milk mineral content - except for Iodine - remained unaffected. The diet containing 40 g of K compared to 30 g of K significantly decreased iodine milk content from 1.04 mg/kg DM to 0.74 mg/kg DM. With respect to K, Na and Cl serum concentrations, the two dietary K levels had no biologically relevant effect. The high K supply, however, caused an intensified alkalization of the metabolism.

Key words: potassium level, water consumption, urine production, mineral metabolism, dairy cow