

Einfluss der Kaliumdüngung auf die Kationen – Anionen – Bilanz (DCAB) in Grünlandaufwüchsen auf mineralischen Standorten

B. GREINER

Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Lindenstraße 18,
39606 Iden

baerbel.greiner@llg.mule.sachsen-anhalt.de

Einleitung und Problemstellung

Die Kationen-Anionen-Bilanz (Dietary Cation Anion Balance, DCAB) berechnet sich aus den Gehalten je kg Trockenmasse der Kationen Kalium und Natrium sowie der Anionen Schwefel und Chlorid. Zur guten fachlichen Praxis gehört inzwischen, die DCAB in der Vorbereitungs- und Fütterung vor der Kalbung zu berücksichtigen, um prophylaktisch Milchfieber entgegenzuwirken. Auch für die Fütterung von laktierenden Milchkühen wird aktuell ein nachteiliger Einfluss niedriger bis negativer DCAB der Rationen diskutiert, resultierend auch aus hohen Rationsanteilen an Rapsextraktionsschrot bei GVO-freier Fütterung. Die DCAB variiert sehr stark zwischen den eingesetzten Futtermitteln, besonders in Grassilagen. In Grünlandaufwüchsen wird die DCAB durch den Standort, die Zahl des Aufwuchses und durch die mineralische Kaliumdüngung beeinflusst. Niedrige K-Gehalte im Gras durch eine unterlassene oder suboptimale K-Versorgung führen zu niedrigen DCAB. Aber auch mit einer mineralischen K-Düngung mit chloridhaltigen Düngern wie 60er Kali, 40er Kornkali bzw. Kainit kann die DCAB in niedrige Bereiche fallen. Zur Beantwortung der Frage zur Beeinflussung der DCAB durch die mineralische Kaliumdüngung wurden 2016 und 2017 in langjährigen K-Düngungsversuchen auf zwei mineralischen Grünlandstandorten in Sachsen - Anhalt die DCAB-relevanten Kationen Na und K und die Anionen S und Cl⁻ in Grünlandaufwüchsen untersucht.

Material und Methoden

1997 und 2011 wurden auf einem alluvialen Standort (Al) in der Elbaue und 1998 auf einem Standort mit Verwitterungsboden (V) im Südharz (Tab. 1) K-Düngungsversuche mit je vier Düngungsvarianten und vier Wiederholungen als lateinisches Quadrat angelegt.

Tab. 1: Beschreibung der Versuchsorte

Ver- suchs- ort	Höhe über NN	Geolo- gische Herkunft	Boden- art	Jahres- nieder- schläge	Jahres- mittel- temperatur	pH-Wert Versuchs- beginn	K mg/100g Boden Ver- suchsbeginn	P mg/100g Boden Versuchs- beginn
Iden	18	Al 1	sL	518 mm	8,6 °C	6,6	13	8,2
Hayn	441	V 5	SL	618 mm	6,5 °C	6,4	10	3,2

Neben Prüfgliedern ohne K-Düngung und der Düngung nach einem Standardentzug von 20 g/kg TM K betragen die variierten Grunddüngergaben im 1997 bzw. 1998 angelegten K-Düngungsversuch 70 % und 130 % des Entzuges. In dem 2011 auf dem alluvialen Standort angelegten K-Düngungsversuch wurden neben den K-Gaben auch die verwendeten mineralischen Dünger variiert. Die Düngergaben und die verwendeten Dünger der Versuchsvarianten sind in der Tabelle 2 zusammengestellt. Die für die Phosphor- und Stickstoffdüngung verwendeten Düngerarten waren KAS und Triplesuperphosphat. Untersucht wurden die Ertragsleistungen und seit 2015 bzw. 2016 die zur Kalkulation der DCAB erforderlichen Mineralstoffgehalte (K, Na, S, Cl⁻) in der Pflanze. Die DCAB mit den DCAB-relevanten Mengenelementen in g/kg TM wurde nach folgender Formel kalkuliert:

$$\text{DCAB meq/kg TM} = (43,5 * \text{Na} + 25,6 * \text{K}) - (28,5 * \text{Cl} + 62,3 * \text{S})$$

Die Bestimmung der Bodengehaltswerte erfolgte für K in den Versuchsjahren 2015 bis 2017 nach der CAL- Methode. Die Cl- Gehalte im Boden wurden seit 2016 mittels Ionenchromatographie bestimmt.

Tab. 2: Jährliche Düngung der Versuchsvarianten in kg/ha in den K- Düngungsversuchen

Prüf- glied	Versuch: 1997/98 - 2017						Versuch: 2011 - 2017				
	Al- Standort			V- Standort			Al- Standort				
	N	P	K*	N	P	K*	Düngerform	N	P	K	S
1			0			0	Kieserit			0	20
2			114			134	Kainit			46	20
3	197	24	165	215	30	192	K60	240	33	146	0
4			216			248	40er KK+Kainit			146	32

* K-Düngung mit K60

Ergebnisse und Diskussion

Die in der Tabelle 3 zusammengestellten Erträge zeigen das Standortpotenzial der Versuchsorte, wenn die entzogenen Nährstoffe durch eine Düngung wieder ergänzt werden. Es liegt abhängig von der Wasserversorgung des Standortes zwischen 83 dt TM/ha auf dem Al- Standort und 96 dt TM/ha auf dem V- Standort. Die K- Gehalte lagen bei einer am Entzug orientierten K- Düngung im 1. Aufwuchs zwischen 22 und 34 g/kg TM und zwischen 18 und 28 g/kg TM in den Folgeaufwüchsen.

Tab. 3: Trockenmasseerträge (dt/ha) in Düngungsversuchen 1997/98 – 2017 mit einer K60- Düngung nach einem Entzug von 20 g K/kg TS

Ort	1997/98 - 2001	2002 - 2006	2007 - 2011	2012 - 2017	Gesamtmittel
Al	75,6	75,2	92,8	63,8	83,0
V	89,5	84,4	102,3	105,0	96,1

Ohne K- Düngung reagierten die Standorte in den K- Düngungsversuchen ab der zweiten bzw. dritten Versuchspentade in Abhängigkeit vom K- Nachlieferungsvermögen des Standortes mit statistisch gesicherten Mindererträgen (Tab. 4). Die K- Gehalte in der Pflanze lagen dann im gewogenen Mittel über alle Aufwüchse auf dem Al- Standort unterhalb des Standardentzuges von 20 g/kg TM und auf dem V- Standort unterhalb von 14 g/kg TM.

Tab. 4: Trockenmasseerträge in Düngungsversuchen 1997/98 – 2017 relativ zur nach Entzug mit K60 gedüngten Variante und K- Gehalte in der Pflanze

Prüf- glied	Dünger g/kg TM		1997/98-2001		2002-2006		2007-2011		2012-2017		1997/98-2017	
	K	Cl	TM- Ertrag	K g/kg TM	TM- Ertrag	K g/kg TM	TM- Ertrag	K g/kg TM	TM- Ertrag	K g/kg TM	TM- Ertrag	K g/kg TM
			relativ		relativ		relativ		relativ		relativ	
Al- Standort												
1	0	0	93	27	89	20	86	17	63	15	89	20
2	15	15	100	31	97	26	98	25	96	26	97	27
3	22	20	100	33	100	28	100	27	100	28	100	29
4	27	26	105	34	107	30	106	29	112	30	104	30
V- Standort												
1	0	0	95	18	84	12	82	11	78	10	84	12
2	13	13	106	24	106	23	104	20	104	19	105	21
3	20	19	100	27	100	29	100	23	100	24	100	25
4	25	23	98	28	109	31	105	26	107	26	105	27

Eine vom Entzug abweichende K- Düngung führte im Versuchszeitraum nicht zu signifikanten Ertragsunterschieden. K- Düngezusätze bewirkten deutlich erhöhte K- und Cl- Gehalte in der Pflanze, da mit der K60- Düngung nahezu ebensoviel Cl⁻ wie K den Pflanzen zugeführt wird.

Tab. 5: DCAB- relevante Mineralstoffgehalte in g/kg TS im 1. Aufwuchs in Abhängigkeit von der Höhe der K- Düngung mit 60er Kali in Düngungsversuchen 1997/98 - 2017

Prüf- glied	1997/98 -2017			2016 - 2017				
	Na	K	S*	Na	K	S	Cl	DCAB
Al- Standort								
1	2,2	19,8	1,8	2,1	11,7	1,5	2,0	240
2	1,4	28,8	2,0	1,4	24,1	1,5	12,8	223
3	1,0	30,8	2,0	0,9	26,9	1,4	16,5	169
4	0,7	32,0	1,9	0,4	28,3	1,4	18,0	143
V- Standort								
1	1,5	13,3	2,8	1,8	12,9	2,3	6,4	88
2	1,0	24,6	2,4	1,6	20,7	2,4	12,7	94
3	1,0	28,8	2,4	2,4	26,2	2,5	18,6	92
4	0,7	31,1	2,3	0,8	29,4	2,3	16,1	189

* Al- Standort: Mittelwert 2005 bis 2007 und 2014 bis 2017; V- Standort: Mittelwert 2005 bis 2017

Im Versuchszeitraum nahmen in beiden Versuchsorten mit steigenden K- Düngergaben die K-Gehalte zu und die Na- Gehalte ab, sowohl im 1. Aufwuchs als auch in den Folgeaufwüchsen (Tab. 5, 6). In den Folgeaufwüchsen waren die K- Gehalte niedriger und die Na- Gehalte höher als im 1. Aufwuchs. Die S- Gehalte lagen in den Folgeaufwüchsen höher als im 1. Aufwuchs aber auf einem niedrigen Niveau. Das gilt auch für die Versuchsjahre 2016 und 2017, in denen alle DCAB-relevanten Mineralstoffgehalte analysiert wurden. Lediglich auf dem V- Standort lagen die Na- Gehalte in der nach einem Standardentzug von 20 g K/kg TM gedüngten Variante sehr hoch. Gräser nehmen neben K offensichtlich auch bevorzugt Cl⁻ auf. Die in den gedüngten Varianten deutlich erhöhten Cl⁻ Gehalte in den Grasaufwüchsen führen zu einer Abnahme der DCAB im Vergleich zur ungedüngten Variante. Einzige Ausnahme ist das Prüfglied mit K- Düngezusätzen auf dem V- Standort, die niedrigere Cl⁻ Gehalte in allen Aufwüchsen und eine höhere DCAB aufwies.

Tab. 6: DCAB- relevante Mineralstoffgehalte in g/kg TS in den Folgeaufwüchsen in Abhängigkeit von der Höhe der K- Düngung mit 60er Kali in Düngungsversuchen 1997/98 - 2017

Prüf- glied	1997/98 -2017			2016 - 2017				DCAB
	Na	K	S*	Na	K	S	Cl	
AI- Standort								
1	2,5	19,5	2,2	2,7	14,0	1,8	2,9	281
2	1,6	25,0	2,4	1,5	21,9	1,8	12,8	148
3	1,2	27,1	2,4	1,1	25,6	1,9	15,5	144
4	0,8	28,2	2,4	0,5	28,9	1,9	17,5	149
V- Standort								
1	2,3	11,2	3,2	2,8	10,4	2,4	4,7	101
2	1,8	18,7	2,9	2,2	14,8	2,5	10,0	34
3	1,8	22,9	2,9	4,0	18,1	2,6	15,3	41
4	1,4	24,9	2,8	2,2	23,6	2,9	13,6	128

* AI- Standort: Mittelwert 2005 bis 2007 und 2014 bis 2017; V- Standort: Mittelwert 2005 bis 2017

Nach 21 Jahren ohne K- Düngung sanken auf dem AI- Standort die K- Gehalte im Boden auf 3 mg/ 100g Boden (CAL-Methode) und die Cl- Gehalte lagen bei 9 mg/1000g Boden. Durch die K-Düngung nach Entzug und durch K- Düngezuschläge mit K60 stiegen in Abhängigkeit von der Höhe der K- Gaben die K- Gehalte auf 7 bzw. 17 mg/100g Boden und die Cl- Gehalte auf 15 mg/1000g Boden an.

Im 2011 angelegten K- Düngungsversuch waren ohne K- Düngung erst in 2 Versuchsjahren signifikante Mindererträge zu verzeichnen und die K- Gehalte lagen noch in allen Aufwüchsen oberhalb 16 g/kg TM (Tab. 7, 8).

Die Cl-Gehalte in der nicht mit K gedüngten Variante lagen ähnlich niedrig wie im K60-Düngungsversuch und dieses Prüfglied wies die höchste DCAB im Versuch auf. Die K- und Cl- Gehalte im Gras stiegen auch in diesem Versuch in Abhängigkeit von der K- und Cl-Zufuhr an. Sehr hohe Cl- Gehalte im 1. Aufwuchs und in den Folgeaufwüchsen führten auch bei hohen K- Gehalten im Gras zu einer niedrigen DCAB.

Mit den verwendeten Düngern wurden die Bestände in den Varianten 1, 2 und 4 auch mit 20 bis 32 kg S/ha versorgt, was zu einer leichten Erhöhung der S- Gehalte in der Pflanze mit geringfügigen Auswirkungen auf die DCAB führte.

Tab. 7: Trockenmasseerträge und K- Gehalte in der Pflanze, Versuchsmittel Düngungsversuch 2011 - 2017

Prüf- glied	g Dünge- K/kg TM	g Dünge- Cl/kg TM	1.Schnitt		Folgeschnitte		Gesamt	
			dt TM/ha	g/kg TM	dt TM/ha	g/kg TM	dt TM/ha	g/kg TM
1	0	0	35,2	21	53,9	19	89,1	20
2	5	22	37,4	26	56,8	20	94,2	22
3	15	14	36,7	30	58,2	26	94,9	28
4	15	33	36,7	29	57,9	26	94,6	27

Tab. 8: DCAB- relevante Mineralstoffgehalte 2015 - 2017 im 1. Aufwuchs in Abhängigkeit von der Höhe der K- Düngung und dem verwendeten Dünger, Düngungsversuch 2011 - 2017

Prüf- glied	1. Schnitt					Folgeschnitte				
	Na	K	S	Cl	DCAB	Na	K	S	Cl	DCAB
1	3,2	17,3	3,1	2,0	329	4,1	16,7	3,9	2,4	289
2	6,8	24,2	2,4	19,1	215	7,0	16,8	3,2	16,5	65
3	1,6	29,7	1,9	15,5	275	2,6	22,9	2,3	16,7	83
4	5,2	28,7	2,5	21,5	194	4,3	23,1	3,2	20,1	7

Schlussfolgerungen

Die DCAB von Rationen besitzt große Bedeutung für die Fütterung von Milchkühen vor der Kalbung und in der Laktation. Die DCAB in Grassilagen variieren stark und beeinflussen die der Gesamtrationen. Für die Abschätzung zu erwartender Werte sollten die Ursachen der DCAB-Variation in Grassilagen bekannt sein.

Die DCAB wird durch die Grunddüngung mit Cl- haltigen Kalidüngern beeinflusst. Abhängig von der Höhe der K- Düngung und dem verwendeten K- Dünger und damit von der Cl- Zufuhr steigen die K- und Cl- Gehalte in den Grasaufwüchsen. Dadurch kann die DCAB standortabhängig in niedrige Bereiche fallen, besonders in den Folgeaufwüchsen.

Pflanzenbauliche Maßnahmen wie die Grunddüngung sind in erster Linie auf die Schaffung leistungsstarker Futterpflanzenbestände ausgerichtet. Für die Ausschöpfung des standorttypischen Ertragspotenzials ist bei einer Drei- bis Vierschnittnutzung eine jährliche Düngung, die sich an einem Standardentzug von 20 g K/kg TM orientiert, ausreichend. Die K- Gehalte in optimal versorgten Beständen lagen auf dem Al- und V- Standort zwischen 22 und 35 g/kg TM im 1. Aufwuchs und zwischen 20 und 30 g/kg TM in den Folgeaufwüchsen. Ertragswirksamer K- Mangel liegt in grasreichen und ausreichend mit Stickstoff versorgten Beständen auf diesen Standorten bei K- Gehalten unterhalb 16 g/kg TM vor. Düngezuschläge waren im Versuchszeitraum nicht ertragswirksam, führten aber zu Luxuskonsum mit Kalium und bei der Verwendung von Cl- haltigen mineralischen Kaliumdüngern auch mit Chlorid.

Für die Abschätzung der Auswirkungen einer K- Gabenteilung bzw. einer Umstellung der mineralischen K- Düngung auf sulfathaltige Dünger zur Vermeidung von niedrigen bzw. negativen DCAB von Grasaufwüchsen sind weitere Untersuchungen erforderlich