

# Kalium- und Phosphordüngung auf Grünland – Versuchsergebnisse von mineralischen Grünlandstandorten in Sachsen-Anhalt

B. GREINER

Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt Iden

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

## Einleitung und Problemstellung

Die Grünlandnutzung zur Futtererzeugung hat in Sachsen-Anhalt an Bedeutung verloren. Die Tierbestände gingen bei Rindern und Schafen stark zurück. Der geringe Tierbesatz führte zu einer hohen Akzeptanz von Förderprogrammen zur Grünlandnutzung mit verminderter Intensität. Grünlandflächen sind daher häufig mit Phosphor und Kalium unterversorgt. In den 1997 und 1998 angelegten Düngungsversuchen wird daher der Frage nach den Auswirkungen einer langjährig vernachlässigten Kalium- und Phosphordüngung nachgegangen und es wird untersucht, in welchen Grenzen die Phosphor- und Kaliumdüngung bei Ausschöpfung des standorttypischen Ertragspotentials variiert werden kann.

## Material und Methoden

1997 wurden auf einem alluvialen Standort in der Elbaue in Iden und 1998 im Südharz in Hayn auf einem Standort mit Verwitterungsboden (Tab. 1) Phosphor-, Kalium- und Stickstoffdüngungsversuche mit je vier Düngungsvarianten und vier Wiederholungen als einfaktorielle Blockanlage angelegt.

Tabelle 1: Beschreibung der Versuchsorte

Ver- suchs- ort	Höhe über NN	Geolo- gische Herkunft	Boden- art	Jahres- nieder- schläge	Jahresmittel- temperatur	pH-Wert Versuchs- beginn	K mg/100g Boden Ver- suchsbeginn	P mg/100g Boden Ver- suchsbeginn
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 Phosphor- bzw. Kaliumdüngung und der Düngung nach einem Standardentzug von 3 g/kg TM Phosphor und 20 g/kg TM Kalium betragen die variierten Grunddüngergaben im Phosphorversuch 50 % und 150 % und im Kaliumversuch 70 % und 130 % des Entzuges. Im Stickstoffdüngungsversuch wurden Versuchsvarianten mit einer praxisüblichen, einer reduzierten und einer unterlassenen Stickstoffdüngung angelegt. In einem Prüfglied wurde neben der Stickstoffdüngung auch die Grunddüngung unterlassen. Die Düngergaben der Versuchsvarianten in den Kalium-, Phosphor- und Stickstoffdüngungsversuchen sind in der Tabelle 2 zusammengestellt. Die Kalium- und Phosphordüngung erfolgte zum 1. Aufwuchs. Die verwendeten Düngerarten waren KAS, 60er Kali und Triplesuperphosphat. Untersucht wurden die Ertragsleistungen und die Mineralstoffgehalte (P, K, N, Ca, Mg, Na) in der Pflanze und im Boden (Bestimmung der Bodengehaltswerte nach der DL-Methode) und die Pflanzenbestandszusammensetzung des 1. Aufwuchses (Ertragsanteilsschätzung nach KLAPP).

Tabelle 2: Jährliche Düngung der Versuchsvarianten (V) in kg/ha (E = Entzug)

V	K-Düngungsversuch						P-Düngungsversuch						N-Düngungsversuch						
	Iden			Hayn			Iden			Hayn			Iden			Hayn			
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	
1	199	E	0	213	E	0	199	0	E	211	0	E	192	Entzug	211	Entzug			
2	199	E	166	218	E	190	199	24	E	217	33	E	75	Entzug	83	Entzug			
3	199	E	115	218	E	133	199	12	E	217	17	E	0	Entzug	0	Entzug			
4	199	E	217	218	E	246	199	36	E	217	49	E	0	0	0	0	0	0	0

## 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 72 und 78 dt TM/ha in Iden und zwischen 95 und 107 dt TM/ha in Hayn.

Tabelle 3: Trockenmasseerträge (dt/ha) in Düngungsversuchen mit einer Düngung nach Entzug

Ort	Versuch	1997/98-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2015	1997/98-2015
Iden	K	75,6	75,2	92,8	61,7	77,1
	P	71,8	75,2	91,0	66,9	78,0
	N	75,5	71,2	77,6	61,5	72,2
Hayn	K	89,5	84,4	106,4	104,5	95,0
	P	108,6	92,4	113,6	108,8	105,8
	N	103,0	104,9	113,3	104,2	107,2

Ohne Kaliumdüngung reagierten die Standorte in den Kaliumdüngungsversuchen ab der zweiten bzw. dritten Versuchspentade mit statistisch gesicherten Mindererträgen (Tab. 4). Die Kaliumgehalte in der Pflanze lagen dann deutlich unterhalb 20 g/kg TM. Eine vom Entzug abweichende Kaliumdüngung führte im Versuchszeitraum nicht zu signifikanten Ertragsunterschieden. Bei einer 30 % unter dem Entzug liegenden Kaliumdüngung wurde der Kaliumgehalt von 20 g/kg TM im Versuchszeitraum nicht unterschritten. Kaliumdüngungszuschläge führten zu deutlich erhöhten Kaliumgehalten in der Pflanze.

Tabelle 4: TM-Erträge relativ zur nach Entzug gedüngten Variante und K-Gehalte in der Pflanze

Ort	V	Dünge- K/kg TM	1997/98-2001		2002-2006		2007-2011		2012-2015		1997/98-2015	
			TM- Ertrag relativ	K- Gehalt g/kg TM	TM- Ertrag relativ	K- Gehalt g/kg TM	TM- Ertrag relativ	K- Gehalt g/kg TM	TM- Ertrag relativ	K- Gehalt g/kg TM	TM- Ertrag relativ	K- Gehalt g/kg TM
Iden	1	0	93	27	89	20	86	17	93	16	89	20
	3	15	100	31	97	26	98	25	92	27	98	27
	4	27	105	34	107	30	106	29	98	30	105	30
Hayn	1	0	95	18	84	12	82	11	89	10	84	13
	3	14	106	24	106	23	104	20	98	20	103	22
	4	25	98	23	109	31	105	26	101	26	104	28

In den Phosphordüngungsversuchen waren auf dem zum Versuchsbeginn ausreichend mit Phosphor versorgten Standort Iden zwischen den Versuchsvarianten noch keine statistisch gesicherten Ertragsunterschiede festzustellen und mit Phosphorgehalten in der Pflanze oberhalb 2,9 g/kg TM waren die Pflanzen ausreichend mit Phosphor versorgt (Tab. 5).

Tabelle 5: TM-Erträge relativ zur nach Entzug gedüngten Variante und P-Gehalte in der Pflanze

Ort	V	Dünge- P/kg TM	1997/98-2001		2002-2006		2007-2011		2012-2015		1997/98-2015	
			TM- Ertrag relativ	P- Ge- halt g/ kg TM	TM- Ertrag relativ	P- Ge- halt g/ kg TM	TM- Ertrag relativ	P- Ge- halt g/ kg TM	TM- Ertrag relativ	P- Ge- halt g/ kg TM	TM- Ertrag relativ	P- Ge- halt g/ kg TM
Iden	1	0	104	4,0	100	3,2	98	2,9	100	3,1	100	3,2
	3	1,6	103	4,0	94	3,4	89	3,7	90	3,4	94	3,5
	4	4,7	105	3,9	99	3,8	95	3,6	97	3,9	99	3,9
Hayn	1	0	85	2,8	84	2,5	80	2,1	83	1,9	83	2,3
	3	1,6	103	3,2	91	3,3	97	2,6	94	2,4	98	2,9
	4	4,4	108	3,7	103	3,9	101	3,6	105	3,3	104	3,6

Der Standort Hayn mit einem zum Versuchsbeginn niedrigen Phosphorbodengehalt reagierte auf eine unterlassene Phosphordüngung ab der 3. Versuchspentade mit statistisch gesicherten Mindererträgen. Die Phosphorgehalte in der Pflanze lagen mit 1,9 bis 2,1 g/kg TM deutlich unter den als Standardentzug festgesetzten 3 g/kg TM.

Durch eine reduzierte oder unterlassene Stickstoffdüngung gingen die Trockenmasseerträge erwartungsgemäß sofort zurück. Wenn neben der Stickstoffdüngung auch die Phosphor- und Kaliumdüngung unterlassen wurde, sanken die Erträge noch weiter ab. Gleichzeitig halbierte sich der Weißkleeertragsanteil im Pflanzenbestand (Tab. 6). Während auf dem Standort Iden mit hohem Kaliumnachlieferungsvermögen und guter Phosphorversorgung zum Versuchsbeginn die Kaliumgehalte ohne NPK-Düngung im gesamten Versuchszeitraum oberhalb 22 g/kg TM und die Phosphorgehalte oberhalb 3,5 g/kg TM lagen, fielen in Hayn die Kaliumgehalte ab der 2. Versuchspentade auf Werte unterhalb 17 g/kg TM und die Phosphorgehalte in der Pflanze in der 3. Versuchspentade unterhalb 2,6 g/kg TM.

Tabelle 6: TM-Erträge relativ zur nach Entzug gedüngten Variante und K-Gehalte in der Pflanze

Ort	V	1997/98-2001			2002-2006			2007-2011			2012-2015			1997/98-2015			
		TM-Ertrag	g/kg TM		TM-Ertrag	g/kg TM		TM-Ertrag	g/kg TM		TM-Ertrag	g/kg TM		TM-Ertrag	g/kg TM		EA% WKL
			rel.	K		P	rel.		K	P		rel.	K		P	rel.	
Iden	1	91	30	4,1	74	78	3,6	61	26	3,4	68	30	3,8	74	29	3,7	8
	3	80	29	4,1	57	25	3,7	50	26	3,7	53	28	4,1	61	27	3,9	28
	4	65	24	4,0	49	22	3,6	33	21	3,6	43	23	3,7	48	23	3,8	11
Hayn	1	77	22	3,5	82	31	4,0	79	25	3,1	80	27	2,9	80	27	3,4	6
	3	73	28	3,9	77	30	4,1	79	27	3,3	64	26	3,0	74	28	3,6	22
	4	57	24	3,6	60	16	3,4	57	14	2,5	53	15	2,3	57	17	3,0	11

Kaliumgehalte unterhalb 16 g/kg TM zum 1. Aufwuchs und unterhalb 15 g/kg TM zu den Folgeaufwüchsen zeigen in grasbetonten mit Stickstoff versorgten Pflanzenbeständen bei einer Drei- bis Vierschnittnutzung ertragswirksamen Kaliummangel an (Tab. 7). Ohne Stickstoffdüngung liegt Kaliummangel in allen Aufwüchsen unterhalb 19 bis 21 g K/kg TM vor, der zu einem deutlichen Rückgang des Weißkleeanteils im Grünlandbestand führt. In optimal mit Kalium versorgten grasreichen Beständen liegen die Kaliumgehalte im 1. Aufwuchs zwischen 22 und 35 g/kg TM und in den Folgeaufwüchsen zwischen 18 und 31 g/kg TM, in Grünlandbeständen mit höheren Kleeanteilen liegen sie zwischen 25 bis 34 g/kg TM im 1. Aufwuchs und zwischen 20 bis 30 g/kg TM in den Folgeaufwüchsen. Ab 35 bis 36 g K/kg im 1. Aufwuchs und ab 31 bis 33 g K/kg TM in den Folgeaufwüchsen liegt Luxuskonsum vor.

Tabelle 7: Kaliumgehalte in der Pflanze bei Kaliummangel, optimaler und Luxusversorgung

Ort	g K/kg TM 1. Aufwuchs			g K/kg TM Folgeaufwüchse		
	Mangel	Optimum	Luxus	Mangel	Optimum	Luxus
Iden	< 16	25...35	36	< 15	21...31	33
Iden 0N	< 21	25...34	35	< 19	20...30	31
Hayn	< 16	22...32	36	< 15	18...28	31
Hayn 0N	< 19	26...32	35	< 21	23...30	31

Phosphorgehalte unterhalb 2,4 bis 2,8 g/kg TM zum 1. Aufwuchs und unterhalb 2,0 bis 2,6 g/kg TM zu den Folgeaufwüchsen zeigen in grasbetonten mit Stickstoff versorgten Pflanzenbeständen bei einer Drei- bis Vierschnittnutzung Phosphormangel an (Tab. 8). Ohne Stickstoffdüngung liegt Phosphormangel in allen Aufwüchsen unterhalb 2,4 bis 3,0 g P/kg TM vor. In optimal mit Phosphor versorgten grasreichen Beständen liegen die Phosphorgehalte zwischen 2,4 und 3,9 g/kg TM. In Grünlandbeständen mit höheren Kleeanteilen liegen sie zwischen 3,0 bis 4,3 g P/kg TM. Ab 4,0 bis 4,3 g P/kg TM liegt Luxuskonsum vor und in den Folgeaufwüchsen kleereicher Bestände ab 4,5 bis 4,6 g P/kg TM.

Tabelle 8: Phosphorgehalte in der Pflanze bei Phosphormangel, optimaler und Luxusversorgung

Ort	g P/kg TM 1. Aufwuchs			g P/kg TM Folgeaufwüchse		
	Mangel	Optimum	Luxus	Mangel	Optimum	Luxus
I den	< 2,8	3,1...3,9	4,3	< 2,6	2,8...3,8	4,3
I den 0N	< 3,0	3,2...3,9	4,0	< 3,3	3,4...3,9	4,6
Hayn	< 1,9	2,4...3,7	4,0	< 2,0	2,5...3,8	4,1
Hayn 0N	< 2,4	3,0...4,0	4,1	< 2,5	3,2...4,3	4,5

Eine Kaliumdüngung oberhalb des Standardentzuges von 2,7 kg/dt TM führte in Iden zu einer Aufdüngung des Bodens (s. Tab. 9). Die Bodengehaltswerte der gedüngten Varianten wiesen starke jährliche Schwankungen auf. Darauf weisen die niedrigen Bestimmtheitsmaße hin. Mit einer Phosphordüngung von 0,34 bis 0,47 kg/dt TM wurde eine Aufdüngung des Bodens nicht erreicht, auch nicht auf dem zum Versuchsbeginn suboptimal mit Phosphor versorgten Standort Hayn.

Tabelle 9: K-Bilanz und K-Gehalte im Boden in K-Düngungsversuchen, P-Bilanz und P-Gehalte im Boden in P-Düngungsversuchen von 1997/98 bis 2015

Ort	V	Dünge K kg/ dt	K-Bilanz kg/ha*a	K-Gehalt mg/ 100g Boden		Regression Jahre/Boden		Dünge P kg/ dt	P-Bilanz kg/ha*a	P-Gehalt mg/100g Boden		Regression	
				97/98	2015	Koeff.	B			97/98	2015	Koeff.	B
I den	1	0	-139	13	4	-0,32	0,66	0	-25	8,2	1,4	-0,44	0,87
	4	2,7	-28	13	21	-0,03	0,00	0,47	6	8,2	7,8	-0,20	0,49
I den 0 N	5	0	-81	13	7	-0,32	0,30	0	-13	8,2	2,2	-0,32	0,69
	4	2,7	1	13	27	0,50	0,22	0,42	2	8,2	6,8	0,50	0,48
Hayn	1	0	-100	10	5	-0,14	0,28	0	-20	3,2	1,3	-0,12	0,46
	4	2,5	-25	10	8	-0,17	0,13	0,44	9	3,2	2,5	-0,11	0,00
Hayn 0 N	5	0	-102	11	7	-0,16	0,26	0	-14	4,4	1,2	-0,15	0,65
	4	2,1	-53	11	21	0,14	0,04	0,34	-2	4,4	2,6	-0,10	0,45

Durch eine unterlassene Kaliumdüngung hagerte der mit Stickstoff ausreichend versorgte Standort Iden stark aus. Auf eine unterlassene Phosphordüngung reagierte auch der zum Versuchsbeginn gut mit Phosphor versorgte Standort Iden mit einem deutlichen Rückgang der Phosphorbodengehalte in die Gehaltsklasse A. In Hayn sanken die Phosphorbodengehalte ohne Phosphordüngung von der Gehaltsklasse B ebenfalls in die Gehaltsklasse A.

## Schlussfolgerungen

Eine jährliche Düngung, die sich an einem Standardentzug von 20 g K/kg TM und 3,0 g P/kg TM orientiert, ist für die Ausschöpfung des standorttypischen Ertragspotenzials ausreichend. Bei einer Drei- bis Vierschnittnutzung liegen die Kaliumgehalte in optimal versorgten Beständen zwischen 22 und 35 g/kg TM im 1. Aufwuchs und zwischen 20 und 30 g/kg TM in den Folgeaufwüchsen und die Phosphorgehalte zwischen 2,4 und 3,9 g/kg TM in grasbetonten Beständen und zwischen 3,0 und 4,3 g/kg TM in Beständen mit Weißklee. Ertragswirksamer Kaliummangel liegt in grasreichen ausreichend mit Stickstoff versorgten Beständen bei Kaliumgehalten unterhalb 15 bis 16 g/kg TM und Phosphorgehalten unterhalb 1,9 bis 2,8 g/kg TM vor. Der Weißkleeanteil geht in nicht mit Stickstoff gedüngten Beständen bei Kaliumgehalten unterhalb 19 bis 21 g/kg TM und bei Phosphorgehalten unterhalb 2,4 bis 3,3 g/kg TM stark zurück. Düngezuschläge führen zu Luxuskonsum mit Kalium und Phosphor. Durch langjährige Phosphordüngezuschläge von 50 % über dem Standardentzug wird der Boden nicht aufgedüngt, auch nicht bei zum Versuchsbeginn suboptimaler Phosphorversorgung.