

Aus der Sektion Pflanzenproduktion
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Wissenschaftsbereich Standortkunde

Untersuchungen zur Wirkung von Silosickersaft auf Pflanze und Boden

Von Steffi Knoblauch und Helmut Abdank

Mit 10 Tabellen

(Eingegangen am 23. Januar 1989)

1. Einleitung und Aufgabenstellung

Bei der Konservierung von Grünfutter durch Vergären entsteht Gärsaft als Nebenprodukt, der sich aus Zellsaft des Siliergutes, Haftwasser, in Lösung gegangenen Silierzusätzen sowie in das Silo eindringendem Niederschlagswasser zusammensetzt. Auf Grund seines hohen Gehaltes an Pflanzennährstoffen, an biochemisch leicht abbaufähigen Substanzen sowie eines niedrigen pH-Wertes und eines hohen Gesamtsalzgehaltes (siehe Tabelle 1) ist Silosickersaft eine Nährstoffquelle für die Pflanzenproduktion, aber auch potentielle Gefährdungsquelle für Boden und Gewässer.

Tabelle 1. Eigenschaften von Silosickersaft
(nach Küntzel und Zimmer 1972, Gericke 1981, Bardtke 1977)

N-Gehalt:	840 ... 3 440 mg/e
P-Gehalt:	500 ... 1 500 mg/e
K-Gehalt:	3 500 ... 6 000 mg/e
BSB ₅	25 000 ... 80 000 mg/e O ₂
pH:	2,8 ... 4,6
Gesamt- salzgehalt:	10,6 ... 11,9 g/e

Im Mittel ist mit einer Gärsaftmenge von 0,3 m³ pro 1 m³ Siliergut zu rechnen (Autorenkollektiv 1977, Peters und Weissbach 1975, Küntzel und Zimmer 1972, Bardtke und Tietjen 1977, Boek 1980). Entsprechend dem Silierprogramm fällt der Silosickersaft schwerpunktmäßig in den Monaten Mai/Juni und September bis November an (Küntzel und Zimmer 1972).

Die Untersuchungen verfolgen das Ziel, Lösungen für eine umweltschonende Entsorgung von Silosickersaft durch Verwertung im Pflanzenbau zu entwickeln. Hierzu wurde der Silosickersaft in unterschiedlichem Verhältnis mit Rindergülle (Gülle) gemischt und die Beeinflussung von Pflanzenertrag und einigen Bodeneigenschaften in Abhängigkeit von der applizierten Menge der Silosickersaft-Gülle-Mischung geprüft.

Die Anwendung sehr hoher Mengen erfolgte mit dem Ziel, obere Grenzen der beginnenden Schädigung hinsichtlich Pflanzenertrag und Bodeneigenschaften sichtbar zu machen. Weiterführende Versuche haben die Applikation geringer Silosickersaftmengen zum Inhalt, die eine weitgehende Kompensation der negativen Eigenschaften durch den Boden und eine verbesserte Wirksamkeit der Nährstoffkomponente erwarten lassen.

2. Keim- und Jungpflanzentest

Zunächst wurde der Einfluß differenzierter Silosickersaft-Gülle-Mischungen auf das Keimverhalten und die Jungpflanzenentwicklung verschiedener Fruchtarten geprüft.

Silosickersaft verhindert bei direktem Kontakt mit dem Samen die Keimung. Im Boden, der vor der Aussaat mit Silosickersaft beschickt worden ist, war die Keimfähigkeit der relativ salzverträglichen Zuckerrüben nicht beeinträchtigt, während der salzempfindliche Rotklee mit verringerter Keimfähigkeit reagierte.

Der Boden puffert offenbar die negativen Eigenschaften des Silosickersaftes teilweise ab. Die Behandlung des Bodens mit Silosickersaft-Gülle-Mischungen wirkte positiv auf den Keimvorgang und die Jungpflanzenentwicklung von Futterroggen und Rotklee (Tabelle 2).

Tabelle 2. Einfluß von Silosickersaft und Silosickersaft-Gülle-Mischungen auf die Keimfähigkeit (in %) (Keimfähigkeit bei Wasser = 100 %)

Fruchtart	Bodenbehandlung mit	
	Silosickersaft	Silosickersaft-Gülle-Mischung
Rotklee	86	90
Zuckerrübe	131	n. b.
Futterroggen	n. b.	100

n. b. = nicht bestimmt

3. Gefäßversuch mit gestaffeltem Silosickersaft-Gülle-Mischungsverhältnis

Der Gefäßversuch diente dem Vergleich der Ertragsbeeinflussung von Welschem Weidelgras durch Silosickersaft und Silosickersaft-Gülle-Mischungen mit steigendem Gülleanteil entsprechend Tabelle 3.

Tabelle 3. Trockenmasseertrag von Welschem Weidelgras nach Applikation von Silosickersaft (SSS.)-Gülle (G.)-Mischungen.

Var.	Beschreibung		N (kg/ha)	Trockenmasseertrag (%)
	Mischungsverhältnis (SSS. 6 : G. 1)	Gabenhöhe (mm)		
1	1 : 0	5	149	100
2	1 : 1	5	158	165
3	1 : 2	5	161	236
4	1 : 3	5	162	232
5	1 : 4	5	163	216
6	1 : 5	5	164	232
7	1 : 6	5	164	244
8	0 : 1	5	167	248

Tabelle 4. Analysenergebnisse von Silosickersaft und Gülle

	N _t	P	K	Ca	Na	Trockenmassegehalt	pH
ME	mg/l	%	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
Silosickersaft (SSS. 6)	2980	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	7,94	3,91
Gülle (G. 1)	2338	670	2950	680	100	7,85	7,65

Inhaltsstoffe und Eigenschaften des verwendeten Silosickersaftes und der Gülle werden in der Tabelle 4 mitgeteilt.

Die Versuchsergebnisse zeigen, daß eine einmalige Behandlung des Welschen Weidelgrases mit 5 mm Silosickersaft-Gülle-Mischung beim Mischungsverhältnis Silosickersaft : Gülle = 1 : 1 bis 1 : 6 gegenüber der Applikation von Silosickersaft zu Mehrerträgen führte (Tabelle 3).

Der Ertrag bei Variante 2 mit gleichem Anteil Silosickersaft und Gülle liegt deutlich niedriger als bei den anderen Varianten. Eine Wiederholung dieser Variante im folgenden Gefäßversuch zeigte, daß der Ertragsabfall in engeren Grenzen liegt. Jedoch darf unterstellt werden, daß die Mischung gleicher Anteile Silosickersaft und Gülle die Grenze für das Erreichen von Mehrerträgen und somit für die effektive Verwertung von Silosickersaft darstellt.

4. Gefäßversuch mit Silosickersaft-Gülle-Mischungen

In diesem Gefäßversuch wurde der Einfluß unterschiedlicher Mengen von Silosickersaft in Kombination mit Gülle auf den Ertrag und die Inhaltsstoffe von Welschem Weidelgras sowie auf einige Bodeneigenschaften geprüft. Des weiteren wurde das Mineral-N-Äquivalent der Silosickersaft-Gülle-Mischung für Welsches Weidelgras und Sandboden ermittelt.

4.1. Methodik

Die Untersuchungen wurden in Mitscherlichgefäßen mit Sandboden (Tabelle 5) durchgeführt.

Alle Gefäße erhielten eine einheitliche Grunddüngung und wurden mit gleichen Flüssigkeitsmengen versorgt. Es wurden die bereits im vorausgegangenen Gefäßversuch charakterisierten Medien Silosickersaft und Gülle appliziert (s. Tab. 4). Der Versuch wurde mit vier Wiederholungen durchgeführt. Die Varianten sind in der Tabelle 6 beschrieben.

Die verschiedenen Gemische aus Silosickersaft und Gülle wurden jeweils zwei Tage nach dem vorangegangenen Schnitt appliziert. Die erste Behandlung erfolgte zum dritten Aufwuchs, die zweite und dritte zum vierten und fünften Aufwuchs. Zum sechsten Aufwuchs wurde von einer Silosickersaft-Gülle-Behandlung abgesehen, um die Nachwirkung vorausgegangener Applikationen auf den Ertrag festzustellen.

Tabelle 5. Charakteristik des Versuchsbodens
Korngrößenzusammensetzung (in % des Feinbodens)

Grobsand	Mittelsand	Feinsand	Grobschluff	Mittelschluff	Feinschluff	Ton
7,2	24,3	54,0	5,6	2,4	2,3	4,2

chemische Eigenschaften:

pH	T-Wert	H-Wert	aus-tausch-bares Na	P	K	Mg	Ca	C _t	Salz-gehalt
	mval/100 g Boden		mg/100 g Boden					%	%
5,8	4,3	1,6	2,8	5,6	8,0	5,3	120,0	0,58	0,02

4.2. Ergebnis

Die Applikation von Silosickersaft-Gülle-Mischungen zu Welschem Weidelgras führte im Vergleich zur Kontrollvariante zu signifikant höheren Trockenmasseerträgen (Tabelle 6). Die höchsten Trockenmasseerträge durch Silosickersaft-Gülle-Applikation wurden bei den Varianten 4 und 5 (Silosickersaft : Gülle = 1 : 1 bzw. 1 : 3) erzielt, während bei Verabreichung adäquater Stickstoffmengen in mineralischer Form (Variante 9 und 10) der Ertrag niedriger liegt; die Ertragsdifferenz ist jedoch nur bei Variante 9 statistisch gesichert (Tabelle 6).

Die mineralische Stickstoffdüngung war nach der ersten und zweiten Behandlung der Silosickersaft-Gülle-Düngung überlegen, während sich in den beiden folgenden Aufwüchsen die Folgen der Überdüngung bemerkbar machten und einen starken Ertragsrückgang bewirkten. Aus diesem Versuch ließ sich das Mineral-N-Äquivalent für Welsches Weidelgras auf Sandboden ableiten. Mit 100 kg/ha Silosickersaft-Gülle-N wurde der gleiche Trockenmasseertrag wie mit 60 kg/ha Mineral-N erzielt, d. h. das Mineral-N-Äquivalent beträgt 60.

Bodeneigenschaften:

Die Beeinflussung des Bodens durch Silosickersaft-Gülle-Düngung zeigt folgende Tendenz:

Tabelle 6. Gefäßversuch mit Silosickersaft (SSS)-Gülle (G.)-Mischungen

Variante	Beschreibung Mischungs- verhältnis (SSS. 6 : G. 1)	Gabenhöhe (mm)	Gesamtstick- stoffaufwand (3.-5. Aufwuchs) (kg/ha)	Gesamt trocken- masseertrag (3.-6. Aufwuchs) (%)
1	Kontrolle, H ₂ O	15	40	100
2	1 : 1	5	476	274 b b ²⁾
3	1 : 6	5	467	254 b b
4	1 : 1	15	1223,3	359 b b
5	1 : 3	15	1206,4	352 b a
6	1 : 6	15	752,2 ¹⁾	223 b b
7	Mineral-N	analog Var. 2	515,6	378 b b
8	Mineral-N	analog Var. 3	508,2	362 b b
9	Mineral-N	analog Var. 4	1330,7	292 b b
10	Mineral-N	analog Var. 5	1316,8	322 b a
11	Mineral-N	analog Var. 6	1310,7	334 b b

¹⁾ Bei Variante 6 wurde auf eine dritte Silosickersaft-Gülle-Applikation verzichtet, da die zwei vorangegangenen Silosickersaft-Gülle-Behandlungen den Pflanzenbestand mit einer für die Pflanzen nicht mehr durchdringbaren Gülleschicht abgedeckt hatten,

²⁾ Mittels Varianzanalyse wurde die Ertragsdifferenz zur Kontrollvariante bzw. zur äquivalenten Mineral-N-Variante geprüft und bei Signifikanz ($\alpha = 1\%$) durch den Buchstaben b, bei fehlender Signifikanz durch den Buchstaben a gekennzeichnet.

Der Gehalt des Bodens an NO₃, P und K sowie an Na wird durch die Silosickersaft-Gülle-Applikation deutlich erhöht. Ein hoher Silosickersaftanteil an der Silosickersaft-Gülle-Mischung (Silosickersaft : Gülle = 1 : 1) führt gegenüber den anderen Silosickersaft-Gülle-Kombinationen zu einer höheren Na-, K- und NO₃-Anreicherung im Boden. Der Ca-Gehalt des Bodens verändert sich kaum.

Der pH-Wert des Bodens nimmt mit der Silosickersaft-Gülle-Menge geringfügig zu, wobei ein höherer Silosickersaftanteil die höheren pH-Werte bewirkt. Die Applikation der Silosickersaft-Gülle-Mischungen führt zu einer minimalen Veränderung des T-Wertes, der H-Wert vermindert sich lediglich bei den Böden, die mit höherem Silosickersaftanteil behandelt worden sind (Varianten 2, 4 und 5).

4.3. Diskussion

Die Mischung von Silosickersaft und Gülle führt offensichtlich zu einer Abschwächung einiger negativer Eigenschaften des Silosickersaftes; nachgewiesen wurde z. B. die Erhöhung des pH-Wertes. Mit der Mineral-N-Düngung werden dem Boden leicht lösliche N-Verbindungen wie Nitrat- und Ammoniumionen zugeführt.

Der im 5. und 6. Aufwuchs beobachtete Ertragsausfall bei den Varianten, welche die adäquate Stickstoffmenge der 15 mm-Silosickersaft-Gülle-Gabe in mineralischer Form erhalten haben (Varianten 9 und 10), ist auf das Überschreiten der kritischen Nährstoffkonzentration in der Pflanze zurückzuführen (Schilling 1982).

Da die Pflanze über keinen Mechanismus verfügt, der die Mengenaufnahme eines Nährstoffes reguliert, können sich unkontrolliert Nährstoffe wie Nitrat und Ammonium anhäufen und die Ursache für Ertragsdepressionen sein (Schmalfuß 1963).

In der Gülle liegt der Stickstoff nur zu 50 % in löslicher Form vor, der restliche in der organischen Substanz enthaltene Teil wird in Abhängigkeit von der Intensität des mikrobiellen Abbaus im Laufe der Vegetation verfügbar. So ist der gegenüber mineralischer Düngung verursachte geringere N_t -Gehalt in der Pflanzensubstanz zu erklären.

Die Zunahme des Na-Gehalts im Boden birgt die Gefahr von Peptisationserscheinungen. Zum Schutz des Sorptionskomplexes vor Na-Eintausch wird eine regelmäßige Kalkung empfohlen.

5. Parzellenfeldversuch mit Silosickersaft und Silosickersaft-Gülle-Mischungen

Im Parzellenfeldversuch wurde die Wirkung von Silosickersaft und der Kombination von Silosickersaft und Gülle auf den Ertrag und den Futterwert von Welschem Weidelgras mit Grünhafereinsaat sowie auf einige Bodeneigenschaften untersucht.

5.1. Methodik

Die Durchführung des Feldversuches erfolgte auf einem V-Standort (Tabelle 7) mit fünffacher Wiederholung.

Tabelle 7. Bodeneigenschaften
Korngrößenzusammensetzung (in % des Feinbodens)

Grobsand	Mittelsand	Feinsand	Grobschluff	Mittelschluff	Feinschluff	Ton
0,3	0,6	5,7	34,8	19,8	7,2	31,9

chemische Eigenschaften:

pH	T-Wert	H-Wert	aus-tausch-bares Na		P (DL)	K (DL)	Mg (NH ₄ -Acetat)	Ca	N _t	C _t
			mval/100 g Boden	mg/100 g Boden						
6,7	24,2	1,7	4,7	7,7	11	43	311	174,6	1,87	

Ausgewählte Kennwerte des Silosickersaftes und der Gülle sind in der Tabelle 8 zusammengefaßt.

Tabelle 8. Eigenschaften von Silosickersaft und Gülle

	N _t	K	Ca	Na	Mg	pH	elektr. Leitfähigkeit
ME	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		mS/cm
Silosickersaft (SSS. V)	381	789	81	262	140	4,8	8,0
Gülle (G. V)	2311	3474	494	434	275	9,0	6,2

Sowohl der N- und K-Gehalt als auch der Salzgehalt des Silosickersaftes liegen unter den in der Literatur angegebenen charakteristischen Werten für Silosickersaft (vgl. Tabelle 1).

Die Beschreibung der Varianten ist der Tabelle 9 zu entnehmen. Die Applikation der Silosickersaft-Gülle-Mischung zu Welschem Weidelgras/Grünhafer erfolgte getrennt in der Reihenfolge Wasser-Gülle-Silosickersaft nach dem ersten und zweiten Schnitt. Die Ausbringung von Silosickersaft nach der Gülle vermindert infolge Absenkung des pH-Wertes die Ammoniakverluste aus der Gülle (Herbst et al. 1985).

5.2. Ergebnisse

Die Verabreichung von 15 mm Silosickersaft je Aufwuchs zu Welschem Weidelgras und Grünhafer führte zu einem geringfügigen, die Applikation von 30 mm Silosickersaft jedoch zu einem deutlichen Rückgang des Gesamtertrages gegenüber der Kontrollvariante. Die Kombination von 15 mm Silosickersaft mit 15 mm Gülle verursachte keinen Ertragsausfall, während 10 mm Silosickersaft in Kombination mit 20 mm Gülle einen Anstieg des Gesamttrockenmasseertrages bewirkten (Tabelle 9).

Aus den Pflanzenuntersuchungen läßt sich die Tendenz ableiten, daß der Futterwert durch die Silosickersaft-Applikation m. o. w. vermindert wird. Die Gülle wirkt dieser Tendenz entgegen, so daß beim höchsten Gülleanteil die günstigsten Werte zu verzeichnen sind (Tabelle 10). Mit zunehmendem Einsatz von Silosickersaft und Gülle geht eine deutliche Erhöhung des Nitratgehaltes in der Pflanzensubstanz einher.

Die Ergebnisse der Bodenuntersuchung lassen folgenden Trend erkennen: Der Na-Gehalt steigt nach der Behandlung mit 30 mm der Silosickersaft-Gülle-Mischungen deutlich an. In 40 bis 60 cm Bodentiefe reichern sich etwas höhere Na-Mengen an als in der Ackerkrume. Die Applikation von 30 mm Silosickersaft bzw. Silosickersaft-Gülle-Mischung bewirkt höhere Gehalte an löslichem N. Der Ammoniumstickstoff nahm lediglich durch die 30 mm Silosickersaftgabe zu. Der pH-Wert, der Kalzium- und Magnesiumgehalt sowie der T-Wert wurden durch die Silosickersaft- bzw. Silosickersaft-Gülle-Behandlung kaum merklich beeinflusst.

5.3. Diskussion

Der Parzellenfeldversuch bestätigte die Ergebnisse des Gefäßversuches hinsichtlich des Silosickersaft-Gülle-Mischungsverhältnisses und der Aufwandmenge für Welsches Weidelgras.

Die Applikation hoher Silosickersaftmengen (15 mm und 30 mm) führte im Feldversuch nicht zu dem im Gefäßversuch festgestellten totalen Ertragsausfall, sondern lediglich zu einem Ertragsrückgang gegenüber der Klarwasserbehandlung.

Bei höheren N-Gaben erhöht sich der Anteil löslicher N-Verbindungen in der Pflanze, weil die leichtlöslichen Kohlenhydrate für die Proteinsynthese nicht mehr ausreichen (Schilling 1982). Die Erhöhung des Rohproteins und die Senkung des Zuckergehaltes wirken sich ungünstig auf die Silierung aus. Die Milchsäurebildung wird durch den Mangel an löslichen Kohlenhydraten behindert (Schilling 1982).

Tabelle 9. Parzellenfeldversuch mit Silosickersaft und Silosickersaft-Gülle-Mischungen

Variante	Beschreibung Mischungs- verhältnis (SSS. V : G. V)	Gaben- höhe (mm)	N je Aufwuchs (kg/ha)	Ertrag (Trockenmasse)				Gesamtertrag Frischmasse		Trockenmasse	
				2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		(dt/ha)	%	(dt/ha)	%
1	Kontrolle H ₂ O	30	—	21,47	100	15,26	100	145,67	100	36,73	100
2	1 : 0	15	57,15	21,95	102	13,12	86	142,60	98	35,07	95
3	1 : 0	30	114,30	16,82	78	10,67	70	107,00	73	27,49	75
4	1 : 1	15	201,91	18,60	87	10,49	69	118,00	81	29,09	79
5	1 : 1	30	403,82	21,73	101	15,06	99	170,30	117	36,79	100
6	1 : 2	30	500,30	21,07	98	17,84	117	183,50	126	38,91	106

Tabelle 10. Einfluß der Silosickersaft-Gülle-Applikation auf den Futterwert von Welschem Weidelgras (in % der Trockensubstanz)

Variante	2. Aufwuchs				3. Aufwuchs			
	Rohfaser	Rohfett	Rohasche	Rohprotein	Rohfaser	Rohfett	Rohasche	Rohprotein
1	24,9	2,76	10,3	10,94	20,3	2,28	10,4	11,19
2	27,0	2,75	9,9	9,19	20,7	2,63	10,5	10,69
3	28,1	2,41	8,9	9,06	20,4	2,65	11,3	11,88
4	26,6	2,76	8,5	9,88	21,2	2,59	11,8	13,60
5	26,0	3,05	10,1	10,50	19,4	2,74	12,1	15,69
6	25,4	2,97	10,6	12,06	18,4	3,17	11,7	n. b.

Bei der Verfütterung ist der Nitratgehalt von stark mit N versorgten Grünfütterpflanzen zu beachten. Thum und Laves (1985) geben als Gefahrengrenze für die Schädigungen von Mensch und Tier 0,25 % Nitratstickstoff in der Trockenmasse an, mit akuter Nitratvergiftung ist ab 0,4 % Nitratstickstoff zu rechnen. Die Nitratgehalte des zweiten Aufwuchses liegen durchweg unter dem Grenzwert. Im dritten Aufwuchs waren jedoch wesentlich höhere Nitratwerte festzustellen. Akkumulierte N-Mengen der ersten Silosickersaft-Gülle-Gabe haben in Kombination mit der zweiten Silosickersaft-Gülle-Applikation die hohen Nitratgehalte in der Pflanze bewirkt. Um den Nitratüberschuß in der Pflanze nach hoher Stickstoffdüngung abzubauen, empfiehlt Schilling (1982) eine Bewässerung des Ackergrases bis zur Ernte.

Veränderungen der Bodeneigenschaften nach der Silosickersaft- und Silosickersaft-Gülle-Applikation betreffen im wesentlichen eine Erhöhung des Na-, K- und N-Gehaltes. Der Boden puffert einen großen Teil der durch Silosickersaft bzw. Silosickersaft und Gülle induzierten Veränderungen ab.

Trotzdem kann infolge des erhöhten Natriumeintrages in den Boden mit Strukturverschlechterungen gerechnet werden, wenn nicht durch eine regelmäßige Kalkung den Veränderungen am Sorptionskomplex entgegengewirkt wird.

Einen erheblichen Beitrag zur „Abpufferung“ von Nährstoffüberschuß leistet das Welsche Weidelgras. Auf Grund seiner genetischen Struktur kann der Nährstoffüberschuß in bestimmten Grenzen durch vermehrte Biomasseproduktion abgepuffert werden (Thum und Laves 1985).

Z u s a m m e n f a s s u n g

In Gefäßversuchen und einem Parzellenfeldversuch wurde die Wirkung von Silosickersaft bzw. Silosickersaft und Gülle in verschiedenen Mischungsverhältnissen und bei unterschiedlicher Aufwandmenge auf Welsches Weidelgras sowie auf die Eigenschaften des Bodens untersucht.

Silosickersaft-Gülle-Mischungen mit Mischungsverhältnissen der Komponenten Silosickersaft und Gülle von 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3 und der Gabenhöhe von 15 mm führten zu den höchsten Mehrerträgen gegenüber der Klarwasservariante. Die Verabreichung von 5 mm Silosickersaft hatte im Gefäßversuch einen totalen Ertragsausfall zur Folge; 15 bzw. 30 mm Silosickersaft bewirkten im Parzellenfeldversuch einen geringfügigen bzw. deutlichen Rückgang des Ertrages.

Der kritische Schwellenwert von 0,25 % Nitratstickstoff in der Pflanzentrockenmasse wurde nach der zweiten Behandlung mit 30 mm Silosickersaft-Gülle-Mischung überschritten. Bei der Prüfung der Bodeneigenschaften nach der Silosickersaft-Gülle-Applikation wurden gegenüber der Klarwasservariante höhere Gehalte an N, K und Na festgestellt.

Um der vom eingetauschten Natrium ausgehenden möglichen Strukturverschlechterung des Bodens entgegenzuwirken, ist eine regelmäßige Kalkung erforderlich.

S c h r i f t t u m

- Autorenkollektiv: Industriemäßige Produktion von Futter. Handbücherei der sozialistischen Landwirtschaft. Berlin: Deutscher Landwirtschaftsverlag 1977.
- Bardtke, D., und C. Tietjen: Silosickersaft, in: Strauch, D., W. Baader, C. Tietjen: Abfälle aus der Tierhaltung. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag 1977.
- Boek, J.: Untersuchungen zu Anfall, Zusammensetzung und Verwertung von Silosickersäften in der Pflanzenproduktion. Diplomarb. MLU Halle 1980.
- Gericke, N.: Rationelle Lösungen zur Ausbringung von Silosickersaft durch Verregnung. Bad Freienwalde: VEB Ingenieurbüro für Meliorationswesen 1981.

- Herbst, F., H. Abdank und J. Garz: Maßnahmen zur Senkung der Ammoniakverflüchtigung bei Gölledüngung unter besonderer Beachtung von Silosickersaft. *Feldwirtschaft* 28 (1987) 466-468.
- Küntzel, U., und E. Zimmer: Ausmaß und Minderung von Umweltbelastungen durch Verarbeitungsrückstände der Futterkonservierung. *Berichte über Landwirtschaft* 50 (1972) 3 682-688.
- Müller, G.: *Lehrbuch der Bodenkunde*. Berlin: Deutscher Landwirtschaftsverlag 1980.
- Peters, G., und F. Weissbach: Wieviel Sickersaft entsteht bei der Silierung von Grünfütter und wohin mit ihm? *Feldwirtschaft* 16 (1975) 318-332.
- Schilling, G.: *Pflanzenernährung und Düngung. Teil 1 Pflanzenernährung*. Berlin: Deutscher Landwirtschaftsverlag 1982.
- Schmalfuß, K.: *Pflanzenernährung und Bodenkunde*. 9. Auflage. Leipzig: S. Hirzel Verlag 1963.

Steffi Knoblauch
Martin-Luther-Universität
Sektion Pflanzenproduktion
Wissenschaftsbereich Standortkunde
Ludwig-Wucherer-Straße 2
Halle / Saale
DDR - 4020