



Düngung mit Presskuchen und Strohasche - Auswertung 14jähriger Versuchsergebnisse -

A. Biertümpfel, R. Heydrich, T. Graf und A. Vetter

Jena, Februar 2010

Einleitung

Bei der Nutzung und Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe fallen Nebenprodukte und Reststoffe an, deren sinnvolle Verwendung einen wesentlichen Beitrag zur Wirtschaftlichkeit des Gesamtverfahrens leisten kann. So entsteht bei der dezentralen Ölsaatenverarbeitung als Nebenprodukt des kaltgepressten Öls Presskuchen, der bei der Verarbeitung von Raps ein wertvolles Eiweißfuttermittel darstellt. Bei der Pressung alternativer Ölsaaten, wie beispielsweise Krambe oder Iberischer Drachenkopf, ist der Presskuchen aufgrund seiner Inhaltsstoffe nicht bzw. nur in eingeschränktem Maße in der Fütterung einsetzbar. Wegen seines relativ hohen N-Gehaltes wäre jedoch eine Verwendung als Düngemittel, möglicherweise auch im Ökolandbau, vorstellbar.

Desgleichen wäre es denkbar, die in Biomasseheizhäusern anfallende Asche wegen ihrer hohen Mineralstoffgehalte als Düngemittel auf dem Feld zu verwenden. In diesem Bereich begrenzt jedoch die Düngemittelverordnung die maximal ausbringbare Aschemenge, so dass wahrscheinlich nur ein Teil der von den Pflanzen benötigten Nährstoffe durch Asche ersetzt werden kann.

Material und Methoden

Ob und in welcher Form die genannten potenziellen Düngerersatzstoffe den Bedarf der Pflanzen ähnlich wie mineralische Düngemittel decken können, sollte im Rahmen eines Dauerdüngungsversuchs in der Versuchsstation Dornburg geklärt werden. In einer herkömmlichen Fruchtfolge (Tab. 1) kamen von 1996 an Presskuchen und Strohasche im Vergleich zur optimalen mineralischen Düngung zur Anwendung (Tab. 2). Eine Variante mit reduzierter N-Düngung diente ebenfalls als Vergleich.

Tabelle 1: Fruchtfolgeglieder des Dauerdüngungsversuchs, Dornburg 1996 bis 2009

Jahr	Fruchtart	Jahr	Fruchtart
1996	Sommergerste	2003	Winterroggen
1997	Wintergerste	2004	Winterraps
1998	Winterraps	2005	Winterweizen
1999	Winterweizen	2006	Sommergerste
2000	Sommergerste	2007	Silomais
2001	Körnerfuttererbse	2008	Winterweizen
2002	Winterweizen	2009	Sommergerste

Tabelle 2: Düngungsvarianten des Dauerdüngungsversuchs

Var.	N-Düngung	P-/K-Düngung
1	N mineralisch, optimal	jährlich mineralisch auf Entzug
2	N mineralisch - 50 %	jährlich mineralisch auf Entzug
3	Presskuchen-Kopfdüngung, N = Var. 1	jährlich mineralisch auf Entzug
4	Presskuchen-Kopfdüngung, N = Var. 2	jährlich mineralisch auf Entzug
5	Presskuchen-Kopfdüngung, N = Var. 1 + 50 %	jährlich mineralisch auf Entzug
6	Presskuchen-Einarbeitung (MDÄ zu Var. 1)	jährlich mineralisch auf Entzug
7	N mineralisch, optimal	Aschedüngung nach Entzug, Einarbeitung
8	N mineralisch, optimal	Aschedüngung nach Entzug, Kopfdüngung

Dabei ging es bei den Varianten 3 bis 6 um den Ersatz der 1. N-Gabe durch Presskuchen. Der N-Bedarf wurde anhand von Bodenuntersuchungen nach der N-Sollwertmethode bestimmt. N-Gaben während der Vegetation erfolgten in allen Prüfgliedern mineralisch. Gleich-

zeitig wurde geprüft, ob eine Einarbeitung des Presskuchens (Var. 6) zur Aussaat günstiger ist als die Ausbringung desselben als Kopfdüngung im Frühjahr nach Vegetationsbeginn analog zum Zeitpunkt der mineralischen 1. N-Gabe. Die im Presskuchen enthaltenen Nährstoffe K und P fanden bei der Bemessung der P- und K-Düngergabe Berücksichtigung. Die weiteren Inhaltsstoffe, wie Mg, Ca sowie Mikronährstoffe wurden vernachlässigt. Tabelle 3 beinhaltet die Nährstoffgehalte der verwendeten Presskuchen, die aus Thüringer Praxisanlagen stammten.

Tabelle 3: Nährstoffgehalte der verwendeten Presskuchen

Inhaltsstoff	1996 bis 1999 Krambe	2000 bis 2001 lb. Drachenkopf	2002 Raps	2003 bis 2007 Raps	2008 und 2009 Raps
N (% TM)	5,86	3,52	5,47	5,44	5,62
P (% TM)	0,84	0,96	1,20	1,09	1,14
K (%TM)	1,66	1,70	1,44	1,26	1,32
Mg (%TM)	0,33	0,43	0,55	0,45	0,51
Ca (%TM)	0,84	0,75	0,80	0,75	0,61
pH-Wert	-	7,5	6,1	6,0	6,1

Bei den Varianten 7 und 8 stand der Ersatz von Kalium und Phosphor durch Asche im Mittelpunkt der Untersuchungen. Da Kalium der Hauptnährstoff in der Asche ist, wurde der theoretisch notwendige K-Bedarf der Pflanzen für die Berechnung der Aschemenge herangezogen. Wurde dabei die nach Düngeverordnung vorgegebene maximal mögliche Aschemenge überschritten, kam zusätzlich mineralischer Dünger zum Einsatz. Gleichermaßen wurde mit Phosphor verfahren. Die restlichen Inhaltsstoffe gingen nicht in die Berechnung zur Bemessung der Düngergaben ein. In allen Versuchsjahren kam Strohasche aus dem Strohheizwerk Jena zur Verwendung (Tab. 4).

Tabelle 4: Nährstoffgehalte der verwendeten Strohasche

Inhaltsstoff	1996 bis 2005	2006 und 2007	2008 und 2009
N (% TM)	0,25	0,20	0,16
P (% TM)	0,81	1,70	0,91
K (%TM)	4,69	5,06	9,26
Mg (%TM)	1,10	0,70	1,18
Ca (%TM)	-	-	3,78
pH-Wert	11,7	10,2	10,5

Nachfolgend sind die Ergebnisse des Versuchs dargestellt. In Anbetracht der unterschiedlichen Wirkung der Ersatzdüngemittel werden die Varianten mit Presskuchen und Asche getrennt diskutiert.

Ergebnisse

Presskuchendüngung

Bei Betrachtung der Kornerträge fällt auf, dass die Varianten 3 (N optimal, Kopfdüngung) und 6 (N optimal, Einarbeitung zur Saat) in 4 bzw. 5 Jahren signifikante Mindererträge im Vergleich zu Variante 1 (N optimal, mineralisch) aufwiesen. Dies betraf bei beiden Varianten die Jahre 1997 (Wintergerste), 2003 (Winterroggen), 2004 (Winterraps), 2006 (Sommergerste) und 2008 (Winterweizen, Variante 3). Ein signifikanter Mehrertrag war im Jahr 2002 bei Winterweizen Kopfdüngung festzustellen. In allen anderen Jahren lagen die Erträge der mineralischen und analogen Presskuchendüngung auf demselben Niveau.

Beim Vergleich der Varianten mit um 50 % verminderter N-Düngung mineralisch und Presskuchen fällt auf, dass die mit Presskuchen gedüngten Varianten tendenziell geringere Erträge als die mineralisch gedüngten aufweisen. Gegenüber der Optimalvariante 1 waren die Erträge fast durchgehend signifikant niedriger.

Demgegenüber wurde die um 50 % erhöhte Düngung mit Presskuchen nicht in gleicher Weise ertragswirksam. Nur in 4 Jahren (1999 Winterweizen, 2000 Sommergerste, 2008 Winterweizen, 2009 Sommergerste) waren signifikante Mehrerträge zu verzeichnen. Mitunter lagen die Erträge sogar unter denen der Optimalvariante (Tab. 5, Abb. 1).

Tabelle 5: Einfluss der Düngung mit Presskuchen auf den Kornertrag (dt/ha, bezogen auf die Basisfeuchte der jeweiligen Kultur) verschiedener Feldfrüchte einer Fruchtfolge, VS Dornburg 1996 bis 2009

Var.	1996 SG	1997 WG	1998 WRa	1999 WW	2000 SG	2001 K.-Erb.	2002 WW	2003 WR	2004 WRa	2005 WW	2006 SG	2007 Mais*	2008 WW	2009 SG
1	55,6	77,6	40,3	92,7	53,0	58,4	73,4	77,9	64,5	106,1	78,7	199,7	103,7	69,8
2	50,5	61,3	33,3	81,5	45,5	56,4	73,3	64,5	63,6	93,7	63,2	183,4	78,0	54,7
3	49,7	51,7	36,1	90,5	51,0	55,5	79,7*	58,0	61,4	103,5	62,0	183,6	95,5	69,9
4	47,3	46,0	32,6	77,4	46,0	55,3	72,5	53,6	61,2	98,3	56,6	179,1	72,6	55,0
5	53,3	65,5	40,8	99,1	61,3	60,0	76,1	68,6	59,6	105,0	74,1	163,6	108,6	75,1
6	51,4	56,3	37,6	92,5	57,6	59,9	77,7	57,9	56,8	105,4	65,8	177,6	101,3	67,3
GD _{t, 5%}	8,1	5,7	4,6	3,5	4,6	4,2	4,4	3,2	2,6	3,4	4,4	23,0	4,4	1,8

* Ertrag in dt TM/ha

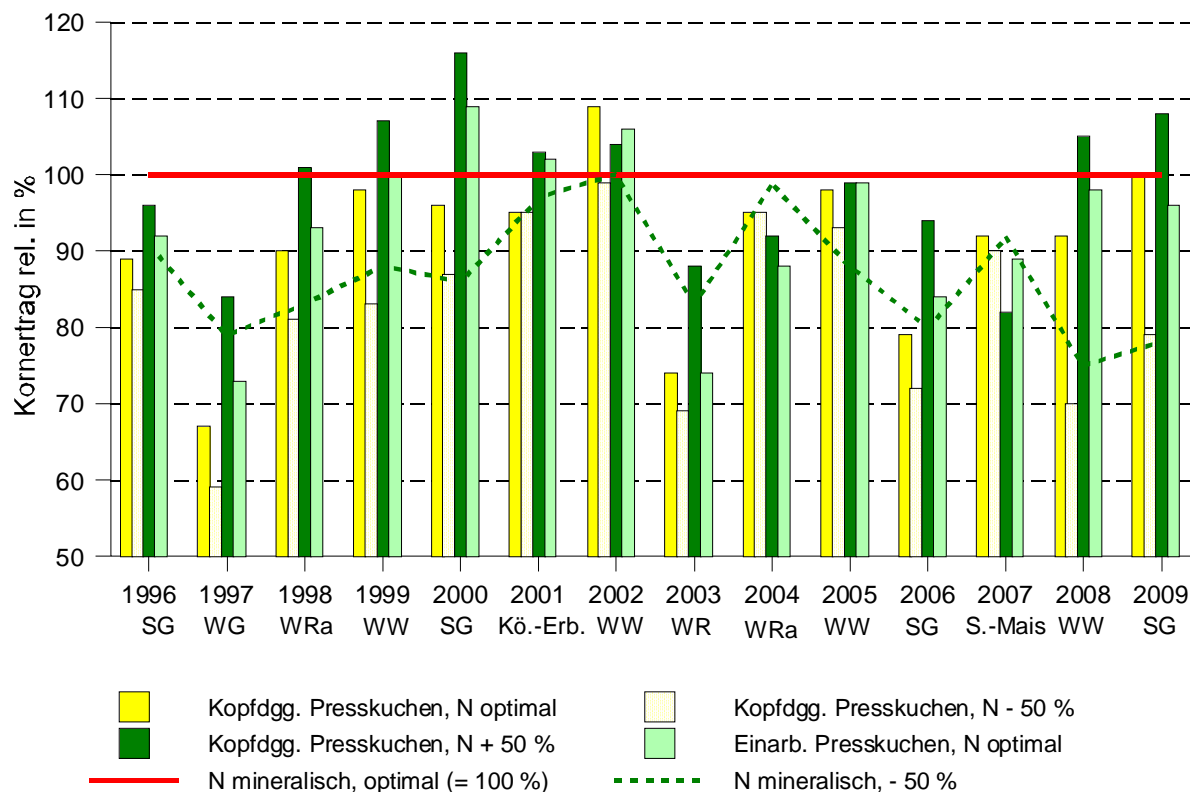


Abbildung 1: Relativer Kornertrag (2007: Ganzpflanzenertrag) bei N-Düngung mit Presskuchen im Vergleich zur mineralischen N-Düngung (= 100 %) in einer Fruchtfolge, VS Dornburg 1996 bis 2009

Eine deutliche Verschiebung der Korn:Stroh-Verhältnisse durch eine Begünstigung des vegetativen Wachstums durch die Presskuchendüngung war nicht zu verzeichnen (Tab. 6).

Tabelle 6: Einfluss der Düngung mit Presskuchen auf das Korn:Stroh-Verhältnis (1 zu...) verschiedener Feldfrüchte in einer Fruchtfolge, VS Dornburg 1996 bis 2009

Var.	1996 SG	1997 WG	1998 WRa	1999 WW	2000 SG	2001 K.-Erb.	2002 WW	2003 WR	2004 WRa	2005 WW	2006 SG	2007 Mais	2008 WW	2009 SG
1	0,86	0,56	0,82	1,15	0,78	1,04	1,18	0,87	n. b.	0,71	0,71	n. b.	0,62	0,84
2	0,90	0,58	0,83	1,12	0,78	1,01	1,18	0,87	n. b.	0,77	0,64	n. b.	0,65	0,76
3	0,84	0,68	0,96	1,05	0,80	0,91	1,16	0,98	n. b.	0,82	0,65	n. b.	0,62	0,72
4	0,81	0,63	0,81	0,98	0,82	1,74	1,16	0,96	n. b.	0,89	0,63	n. b.	0,59	0,68
5	0,81	0,70	0,84	0,98	0,68	1,01	1,16	0,97	n. b.	0,80	0,63	n. b.	0,56	0,82
6	0,82	0,69	0,75	1,08	0,73	0,84	1,10	0,91	n. b.	0,79	0,65	n. b.	0,61	0,80
GD _{t, 5%}	n. b.	0,06	0,16	0,10	0,08	0,30	0,18	0,07	-	0,09	0,14	-	0,06	0,18

Aufgrund der fast durchgängig niedrigeren N-Gehalte in Korn und Stroh der mit Presskuchen gedüngten Varianten ist zu vermuten, dass die N-Verfügbarkeit im Boden geringer war als bei mineralischer N-Düngung. Eine Ausnahme bildet hier lediglich die Variante 5 (Presskuchen + 50 %), wo nahezu durchgängig höhere N-Gehalte in Korn und Stroh als bei Variante 1 festzustellen waren (Tab. 7).

Tabelle 7: Einfluss der Düngung mit Presskuchen auf den N-Gehalt im Korn und Stroh (% TM) verschiedener Feldfrüchte einer Fruchtfolge, VS Dornburg 1996 bis 2009

Var.		1996 SG	1997 WG	1998 WRa	1999 WW	2000 SG	2001 K-Erb.	2002 WW	2003 WR	2004 WRa	2005 WW	2006 SG	2007 M. ¹⁾	2008 WW	2009 SG
1	Korn	1,73	1,77	3,15	2,00	1,92	3,54	2,46	1,52	3,00	2,01	1,66		2,11	1,49
	Stroh	0,63	0,52	0,70	0,36	0,72	0,86	0,48	0,50	n. b.	0,39	0,32	4,77	0,32	0,40
2	Korn	1,74	1,56	3,29	1,63	1,84	3,55	2,14	1,43	2,84	1,74	1,46		1,79	1,35
	Stroh	0,50	0,53	0,58	0,22	0,61	0,92	0,39	0,47	n. b.	0,32	0,36	4,57	0,29	0,36
3	Korn	1,70	1,77	3,56	1,89	1,90	3,64	2,28	1,52	2,85	1,88	1,63		2,05	1,48
	Stroh	0,53	0,52	0,69	0,32	0,65	0,99	0,47	0,44	n. b.	0,36	0,42	4,39	0,32	0,38
4	Korn	1,72	1,60	3,24	1,55	1,80	3,63	2,03	1,43	2,77	1,83	1,53		1,85	1,37
	Stroh	0,53	0,43	0,57	0,20	0,64	1,03	0,40	0,46	n. b.	0,31	0,39	4,22	0,29	0,38
5	Korn	1,85	1,94	3,69	2,24	2,06	3,61	2,62	1,60	2,99	1,98	1,68		2,16	1,68
	Stroh	0,49	0,51	0,76	0,47	0,72	0,96	0,69	0,51	n. b.	0,40	0,36	4,22	0,32	0,42
6	Korn	1,85	1,75	3,50	1,90	1,76	3,61	2,18	1,48	2,82	1,89	1,57		2,03	1,47
	Stroh	0,52	0,52	0,63	0,28	0,57	0,83	0,38	0,45	n. b.	0,37	0,38	4,27	0,34	0,40

1) Silomais-Ganzpflanze

Bei Betrachtung der N-Hinterlassenschaft fällt auf, dass die N-Gehalte im Boden nach der Ernte bei allen Presskuchenvarianten oft höher waren als bei den mineralisch gedüngten Varianten. Besonders hohe N-Hinterlassenschaften im Boden wies erwartungsgemäß Variante 5 mit 50%er Mehrdüngung auf, wobei die N-Gehalte im Boden nicht proportional mit der N-Menge im Vergleich zu N-optimal in Presskuchenform anstiegen (Abb. 2).

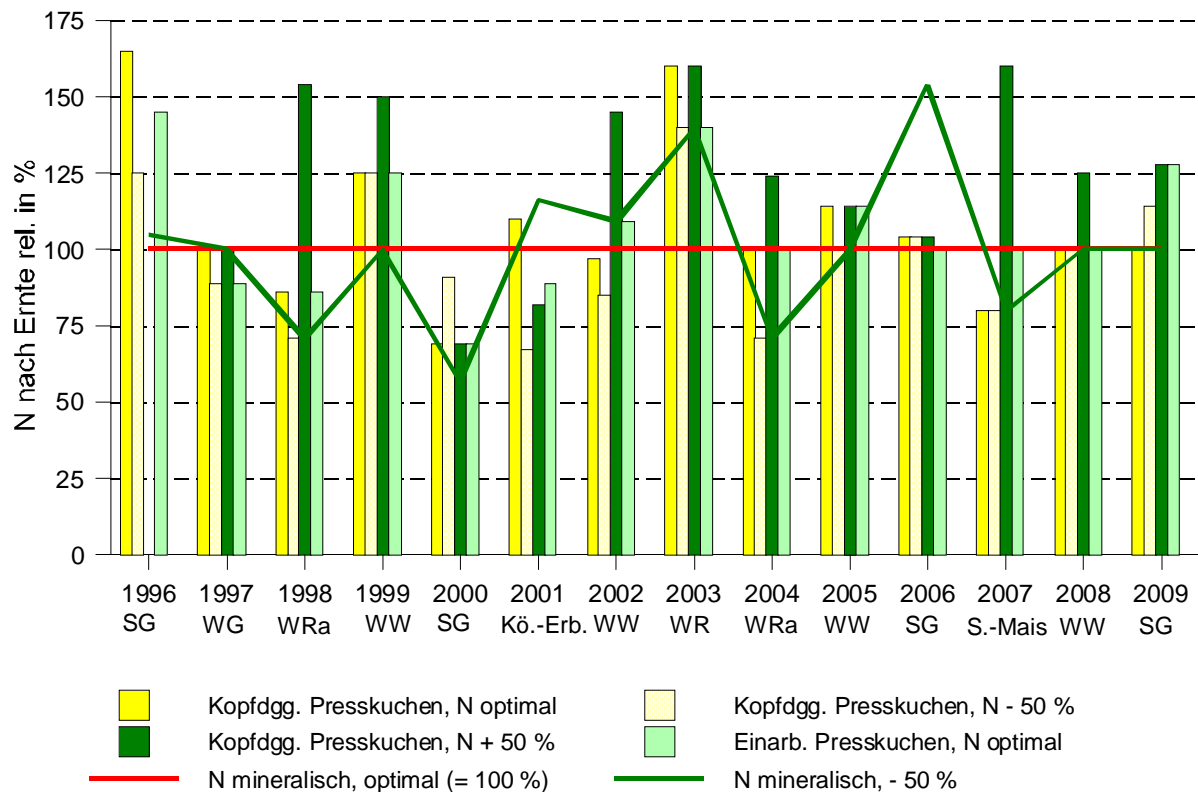


Abbildung 2: N-Hinterlassenschaft bei N-Düngung in Form von Presskuchen im Vergleich zur mineralischen Düngung (= 100 %) in einer Fruchtfolge, VS Dornburg 1996 bis 2009

Bei der Suche nach den Ursachen für die unterschiedliche Reaktion der einzelnen Fruchtarten bzw. der Wirkung der Presskuchendüngung in den einzelnen Jahren wurde u. a. auch die Niederschlagsverteilung betrachtet, da davon auszugehen war, dass der im Presskuchen enthaltene Stickstoff erst nach dem Aufweichen bzw. der Auflösung der Presslinge, ähnlich wie organische Düngemittel, für die Pflanzen verfügbar wird.

Den Kopfdüngungsvarianten, bei denen der Presskuchen zu Vegetationsbeginn analog zur mineralischen N-Düngung verabreicht wurde, standen bei den Winterungen, wie Winterweizen oder Winterraps, deutlich geringere Niederschlagsmengen zur Verfügung als bei der Einarbeitungsvariante 6, wo vor der Saat die Einarbeitung des Presskuchens erfolgte.

In Auswertung der Ergebnisse stehen die Erträge in keinem direkten Zusammenhang mit der Niederschlagsmenge. So erreichten beispielsweise im trockenen Jahr 2000 (158 mm Niederschlag während der Vegetation) die mit Presskuchen optimal gedüngten Varianten 6 (Einarbeitung) und 3 (Kopfdüngung) bei Sommergerste höhere bzw. gleich hohe Erträge wie die Optimalvariante 1. Dagegen reichten bei der gleichen Fruchtart beide Varianten in dem feuchteren Jahr 1996 (259 mm Niederschlag während der Vegetation) nicht an das Ertragsniveau der optimalen mineralischen N-Düngung heran. Beim Winterweizen lagen die Erträge der entsprechend der SBA mit N versorgten Presskuchenvarianten, mit Ausnahme des Jahres 2008, immer auf dem gleichen Niveau wie die mineralische Optimalvariante.

Auch eine generelle Fruchtartenspezifität in Hinblick auf die Düngerverwertung war nicht festzustellen. Darauf lässt auch die Auswertung der Ergebnisse der Pflanzenanalyse schließen, bei der sich die Presskuchenvarianten in der Regel nicht von den mineralisch gedüngten unterschieden.

Aschedüngung

Bei Betrachtung der Erträge in Tabelle 8 ist festzustellen, dass die mit Asche gedüngten Prüfglieder in nahezu allen Versuchsjahren gleich hohe bzw. höhere Werte erreichten als die mineralisch optimal versorgten Kontrollvariante 1. Dabei waren die Ertragsunterschiede nur in wenigen Jahren signifikant, wie beispielsweise 2000, 2003 und 2008 (Tab. 8, Abb. 3).

Tabelle 8: Einfluss der Düngung mit Asche auf den absoluten Kornertrag (dt/ha, bezogen auf die Basisfeuchte der jeweiligen Kultur) verschiedener Feldfrüchte in einer Fruchtfolge, VS Dornburg 1996 bis 2009

Var.	1996 SG	1997 WG	1998 WRa	1999 WW	2000 SG	2001 K.-Erb.	2002 WW	2003 WR	2004 WRa	2005 WW	2006 SG	2007 Mais*	2008 WW	2009 SG
1	55,6	77,6	40,3	92,7	53,0	58,4	73,4	77,9	64,5	106,1	78,7	199,7	103,7	69,8
7	56,8	80,4	43,5	94,1	68,5	61,8	74,2	82,5	60,2	108,6	80,4	184,3	109,6	70,6
8	48,5	83,2	42,4	94,3	68,4	60,4	70,2	82,9	62,3	106,5	83,1	187,5	109,2	72,7
GD _{t, 5%}	8,1	5,7	4,6	3,5	4,6	4,2	4,4	3,2	2,6	3,4	4,4	23,0	4,4	1,8

* dt TM/ha

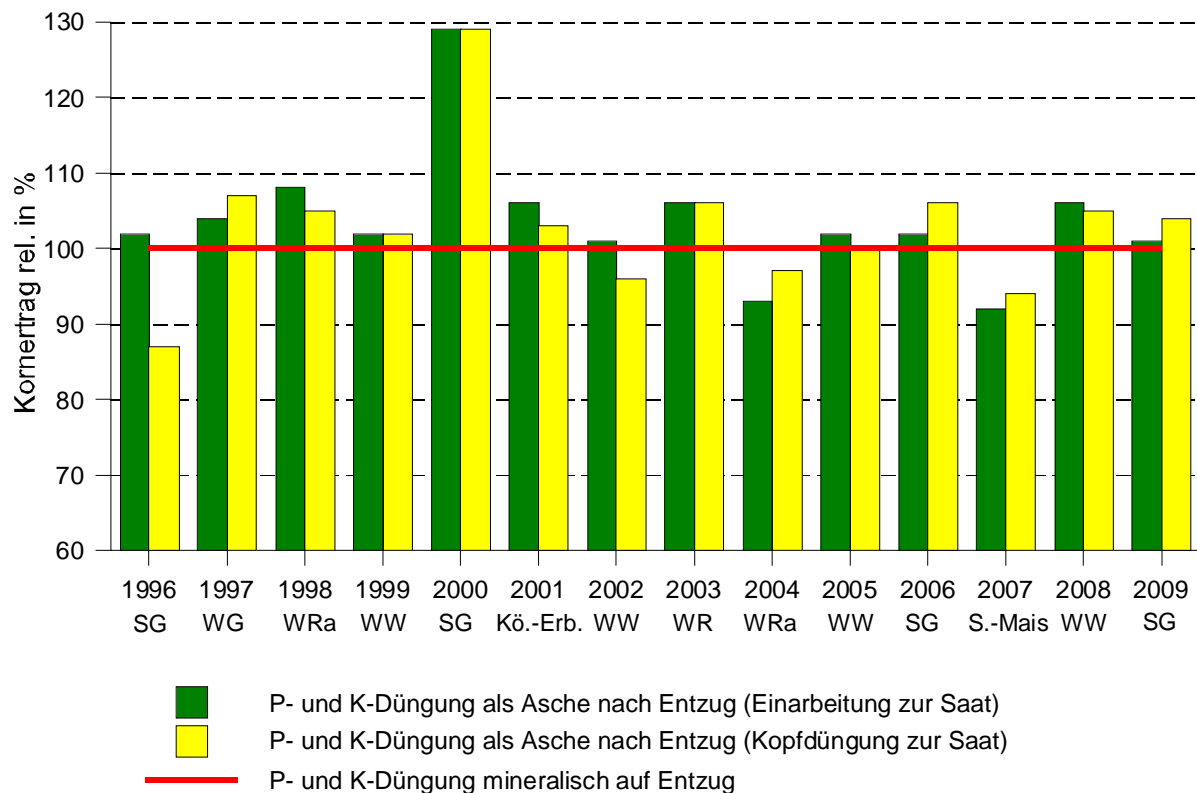


Abbildung 3: Relativer Kornertrag (2007: Ganzpflanzenertrag) bei P- und K-Düngung mit Asche im Vergleich zur mineralischen Düngung (= 100 %) in einer Fruchtfolge, VS Dornburg 1996 bis 2009

Gleichermaßen gering waren die Unterschiede zwischen der Kopfdüngung und der Einarbeitung der Asche. Eine Ausnahme bildet hier das Jahr 1996, für das keine Ursachen gefunden werden konnten.

Die Stroherträge und daraus folgend das Korn:Stroh-Verhältnis bewegten sich analog der Kornerträge.

Bei Betrachtung der Nährstoffgehalte im Boden nach der Ernte ist zu beobachten, dass die K-Gehalte der Aschedüngungsvarianten im Vergleich zur mineralischen Düngung stark

schwanken (Abb. 4). Eine Fruchtartenspezifik bzw. Gründe in Hinblick auf die Niederschlagsmenge bzw. den Witterungsverlauf sind hierfür nicht nachzuweisen.

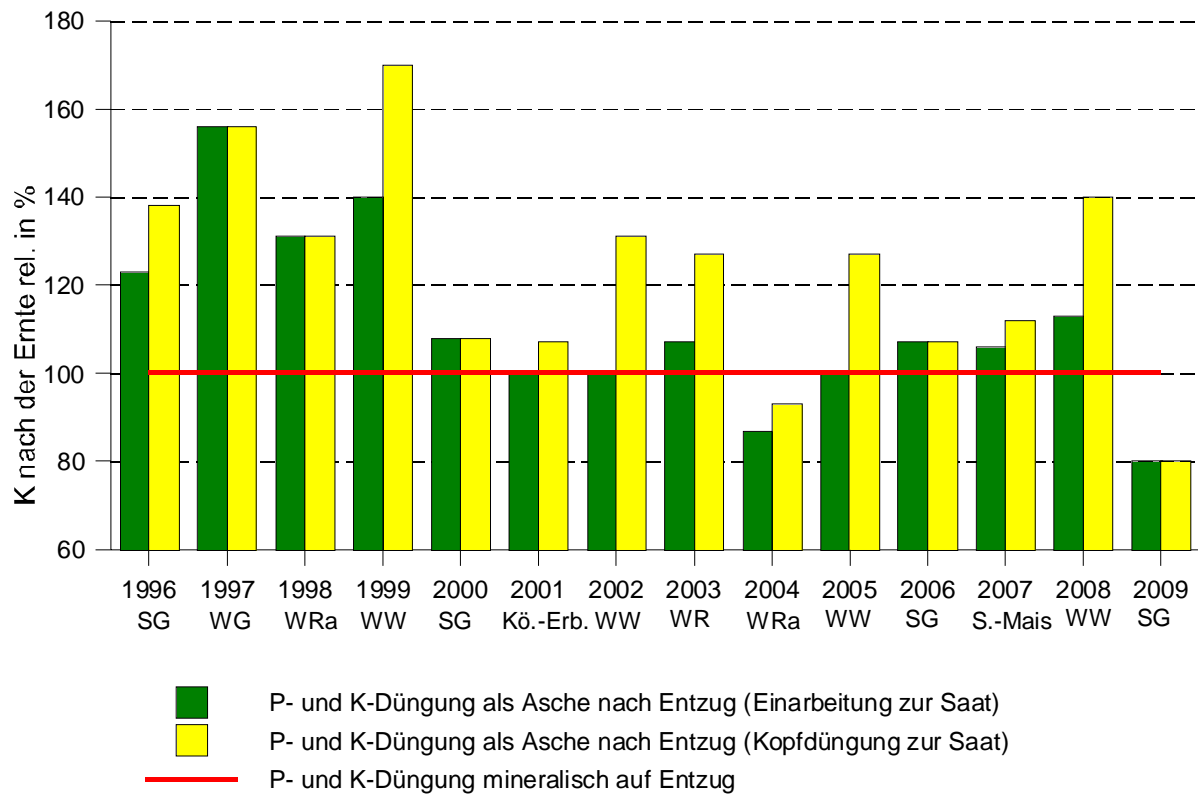


Abbildung 4: K-Hinterlassenschaft im Boden bei K-Düngung in Form von Asche im Vergleich zur mineralischen Düngung (= 100 %) in einer Fruchtfolge, VS Dornburg 1996 bis 2009

Bezüglich der P-Hinterlassenschaft im Boden ist bei der Aschedüngung eine deutliche Anreicherung im Vergleich zur mineralischen Düngung zu verzeichnen (Abb. 5).

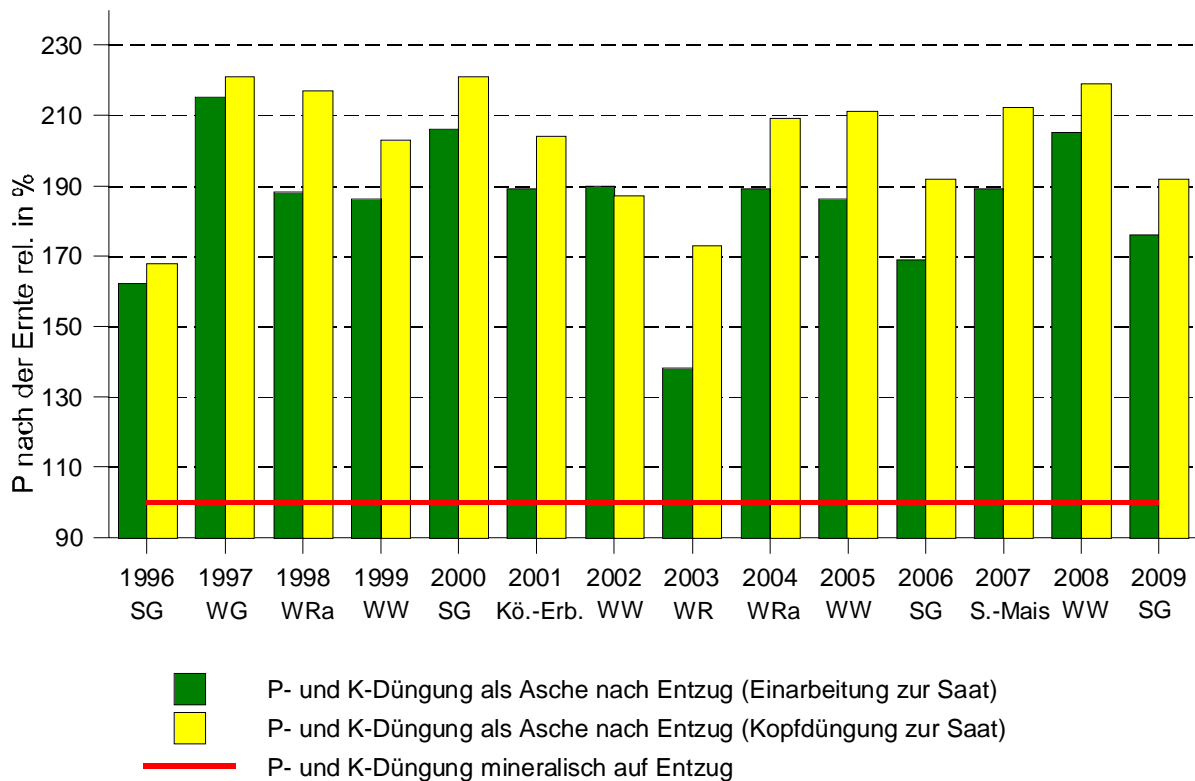


Abbildung 5: P-Hinterlassenschaft im Boden bei P-Düngung in Form von Asche im Vergleich zur mineralischen Düngung (= 100 %) in einer Fruchtfolge, VS Dornburg 1996 bis 2009

Diese P-Anreicherung ist nicht durch eine überhöhte P-Düngung durch die Asche zu begründen, da in der Asche nur sehr wenig P enthalten ist und bei der Düngung nach Entzug meist mineralisch P zugefügt werden musste.

Eine Ursache könnte in der Pflanzenverfügbarkeit des Nährstoffes liegen, der bekanntermaßen im neutralen Bereich zwischen pH 6,5 und 7,0 am besten von den Pflanzen aufgenommen werden kann. Eine über die Jahre durchgeführte Düngung mit alkalischer Asche zieht eine Erhöhung des pH-Wertes nach sich, wie Abbildung 6 verdeutlicht. Dies könnte wiederum eine schlechtere Aufnahme durch die Pflanzen hervorrufen. Da die Böden in der VS Dornburg aber in der Regel auch ohne zusätzliche P-Düngung meist ausreichend oder hoch mit P versorgt sind, muss diese verminderte P-Verfügbarkeit nicht zwangsläufig zu Mangelerscheinungen bzw. Ertragseinbußen führen.

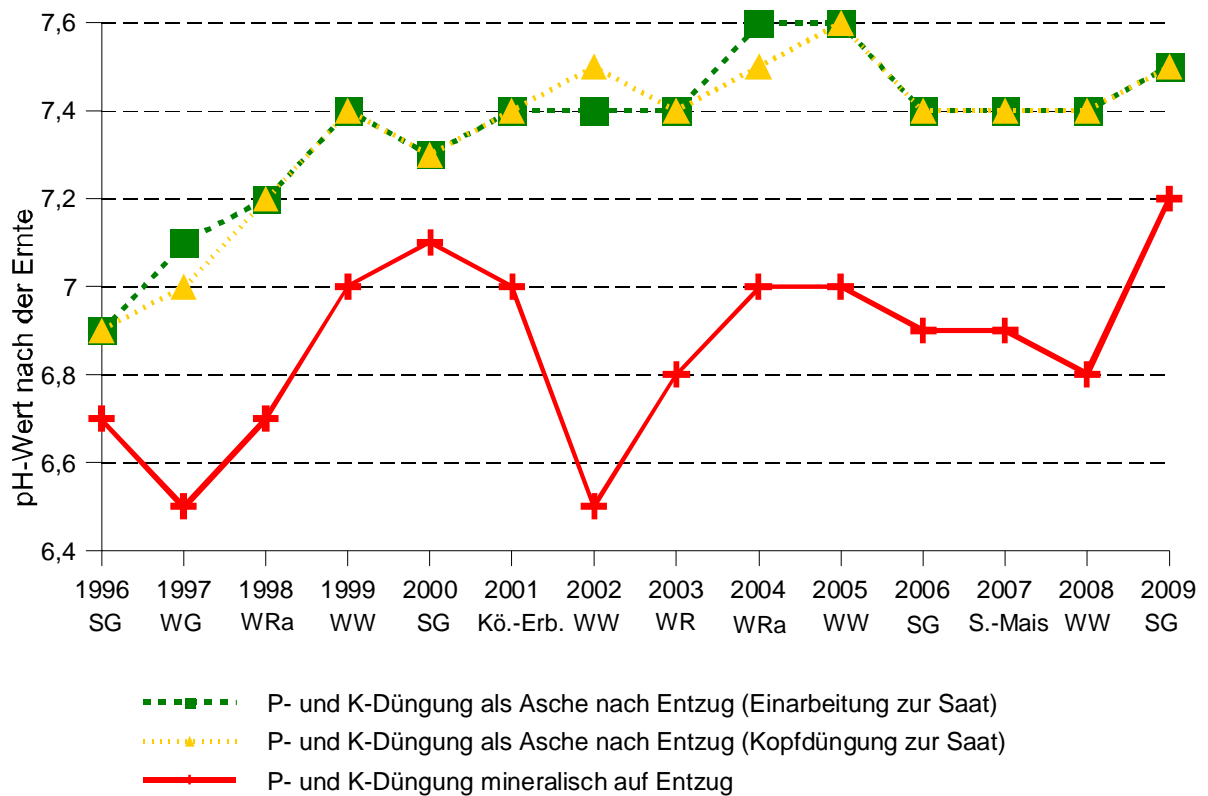


Abbildung 6: pH-Wert bei Aschedüngung im Vergleich zur mineralischen Düngung in einer Fruchtfolge, VS Dornburg 1996 bis 2009

Fazit

Zusammenfassend ist festzustellen, dass Presskuchen durchaus als Ersatz mineralischen N-Düngers Verwendung finden kann. Zur Vermeidung von N-Verlusten sollte jedoch auf eine Einarbeitung des Presskuchens zur Saat orientiert werden. Insbesondere im Bereich des Ökolandbaus wäre der Einsatz denkbar.

Die Ergebnisse belegen, dass sich Strohasche sehr gut als K- bzw. P-Dünger im landwirtschaftlichen Bereich eignet. Unter Einhaltung der Vorgaben der Düngeverordnung ist eine Ausbringung von Asche sowohl zur Aussaat (Einarbeitung) als auch als Kopfdünger aus ertraglicher Sicht durchaus sinnvoll. Die Aschedüngung stellt zudem eine Alternative zur mineralischen Düngung dar und trägt zur Verwertung von Biomassereststoffen bei. Allerdings ist bei fortgesetzter Aschedüngung der pH-Wert des Bodens zu beachten, der sich durch die alkalische Asche in den basischen Bereich verschieben und somit negativ auf die Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe wirken kann. Die Verwendung saurer Stickstoffdünger, wie Schwefelsaures Ammoniak oder Ammoniumsulfat, könnte eine Möglichkeit bieten, der pH-Wert-Verschiebung entgegenzuwirken. Als problematisch kann sich die Ausbringung der Asche auf dem Feld, die mit starker Staubentwicklung einher geht und bei hohem Schlackeanteil zu technischen Schwierigkeiten führt, darstellen.