

Abschlussbericht

Einfluss einer mineralischen Grundnährstoffdüngung mit im ökologischen Landbau zugelassenen Düngemitteln auf Boden- und Pflanzengehalte sowie Ertrag

Forschungs-Nr.: 04/01

Laufzeit: 2004 - 2009

**verantw.
Themenbearbeiter:** Dr. H. Gruber

Mitarbeiter: Dipl.-Ing. A. Titze

Februar 2010

Themenbearbeiter

Institutsleiter

Inhaltsverzeichnis

1	Problemstellung	4
2	Methode	5
3	Ergebnisse	7
3.1	Pflanzengehalte	7
3.2	Korn- und Strohertrag	8
3.3	Nährstoffgehalte im Erntegut	11
3.4	Nährstoffgehalte im Boden	14
4	Diskussion der Ergebnisse	15
4.1	Allgemeines	15
4.2	Pflanzengehalte	15
4.3	Korn- und Strohertrag	16
4.4	P- und K-Gehalte im Erntegut	17
4.5	Bodengehalte	18
5	Zusammenfassung	19
6	Schlussfolgerungen	19
6.1	aus den vorliegenden Versuchsergebnissen	19
6.2	aus der Diskussion	20

Literatur

Anhang

1 Problemstellung

Im ökologischen Landbau erfolgt die Versorgung der Pflanzen mit Grundnährstoffen über den Aufschluss aus dem Boden. Die langfristige Erschließung von Reservestoffen, die im Boden in großen Mengen vorliegen, erfolgt durch die Pflanzen nur dann, wenn die Gehalte gelöster Nährstoffe im Boden relativ gering sind und durch Wurzelwachstum die insbesondere im Unterboden befindlichen Nährstoffe erwachsen werden müssen. Aussagen wie gering diese Gehalte im Boden sein können und welche Auswirkungen geringe Gehalte auf den Ertrag bei limitierter Stickstoffversorgung wie im ökologischen Landbau haben, liegen bisher nicht vor.

Die im konventionellen Landbau angestrebte Gehaltsklasse C basiert auf einer besseren Stickstoffversorgung der Pflanzen und in der Folge auf deutlich höheren Erträgen mit höheren Entzügen als im ökologischen Landbau. In Auswertung konventioneller Düngungsversuche und bei Unterstellung von um 30 % geringerer Erträge als im konventionellen Anbau kommen Kolbe und Köhler (2008) zu dem Schluss, dass unter ökologischen Bedingungen folgende Grundnährstoffgehalte ausreichend sind:

- P: ca. 4,0 mg/100 g Boden
- K: ca. 5.8 mg/100 g Boden
- Mg: ca. < 1-2 mg/100 g Boden

Daher bleibt die Frage, ob das durch Stickstoff limitierte System des ökologischen Landbaus auch geringere Grundnährstoffgehalte zulässt und die Gehaltsklasse B ausreichend ist. Geringere Nährstoffgehalte sorgen außerdem für eine Verringerung der Auswaschungsgefahr. Kolbe und Köhler (2008) stellen aus konventionellen Versuchsergebnissen einen Zusammenhang zwischen Höhe der Bodengehalte und Höhe der Auswaschungsverluste her. Danach werden bei Gehalten in der Klasse B die K-Auswaschungsverluste auf Sandböden um 50 % im Vergleich zu Gehalten in der Gehaltsklasse C verringert. P-Gehalte, die der Gehaltsklasse B entsprechen haben im Vergleich zu Gehalten der Gehaltsklasse C eine geringere Erosionsgefährdung und Verschlammungsneigung.

Diese größtenteils auf konventionellen Versuchen basierenden Aussagen sind durch Versuche unter ökologischen Bedingungen bisher nicht belegt. Ebenso bleibt offen, ob diese Festlegungen auch für Intensivkulturen z. B. Gemüse oder Hackfrüchte gelten.

Daher wurde ab 1999 in Sachsen (Kolbe, 2004) und ab 2005 in Mecklenburg-Vorpommern in Exaktversuchen dieser Frage nachgegangen. Während in Sachsen die Untersuchungen in der Fruchtfolge und unter Einbeziehung organischer Dünger durchgeführt werden, war es in Mecklenburg-Vorpommern nicht möglich einen ähnlichen Dauerversuch anzulegen. In einem nicht stationären Exaktversuch zu Getreide sollte daher der Einfluss der P- und K-Düngung

auf Bodengehalte sowie Ertrag und Qualität geprüft werden. Ziel war die Klärung des Zusammenhanges zwischen Bodengehalten, Düngung und Erträgen unter den vorliegenden Standortbedingungen. Die am Standort Gülzow sehr gute Grundnährstoffversorgung aller Flächen führt zu der Hypothese, dass bei einer derartigen Versorgung (Gehaltsklasse C und D) keine Ertragseffekte zu erwarten sind. Im Ergebnis der Untersuchungen sollen Empfehlungen für die Praxis abgeleitet werden.

2 Methode

Der Versuch wurde am Standort Gülzow (I¹S, AZ 25-45) in die seit 1992 ökologisch bewirtschaftete Fruchtfolge in den Getreideschlag nach Klee gras eingeordnet (Tab. 1). Das Klee gras wurde im Frühjahr umgebrochen und die Düngung direkt zur Kultur vorgenommen. Versuchsfrucht war Sommergerste (2005-07 Sorte Eunova, 2008 Sorte Orthe ga), die auf Grund hoher Versuchspräzision in den Vorjahren ausgewählt wurde.

Tab. 1: Fruchtfolge Öko-Feld Gülzow

Feld	Fruchtfolge 2005-2009
1	Klee gras (Frühjahrsblanksaat)
2	Klee gras (Hauptnutzungs jahr)
3	Sommergerstenversuch (anschließend Dung)
4	Wintergetreide (anschließend Zwischenfrucht)
5	Kö.-leguminosen/ Kartoffeln (anschließend Dung)
6	Wintergetreide

Die Auswahl der Prüfglieder und die Abstufung der Düngermengen wurden in Anlehnung an einen Versuch der Sächsischen Landesanstalt vorgenommen (KOLBE, 2004).

Die **Parzellengröße** zur Aussaat betrug 31,5 m², durch Kerndrusch (zur Vermeidung von Randwirkungen) lag die Größe der Ernteparzelle bei 10,5 m². Der Versuch wurde als lateinisches Rechteck mit 4 Wiederholungen (Tab. 2) angelegt. Zu Versuchsbeginn und Versuchsende wurde eine Nmin-Untersuchung in der Tiefe 0-90 cm vorgenommen. Nach der Saattbettbereitung und vor der Düngung wurden prüfgliedweise **Bodenproben** in 0-30 cm Tiefe gezogen und die Bodengehalte an P (P₂O₅) und K (K₂O) mit der DL-Methode und der pH-Wert mit der CaCl₂-Methode bestimmt. Diese Bodengehaltsbestimmungen wurden nach der Ernte gleichermaßen durchgeführt. Nach der **Düngung** wurden die Parzellen entsprechend Versuchsplan (Tab. 3) mit Parzellentechnik gedüngt. Durch die folgende **Aussaat** mit einer Saatstärke von 350 keimfähigen Körnern je Quadratmeter wurde der Dünger oberflächlich eingearbeitet. Die mechanische Pflege wurde entsprechend dem Bedarf über alle Prüfglieder einheitlich durchgeführt. Die während der Vegetation durchgeführten **Bonituren und Mes-**

sungen (Tab. 1 A) wurden in PIAF eingegeben. Die **Ertragsbestimmung** erfolgte sowohl vom Korn als auch vom Stroh in den Kernparzellen. Zur **Inhaltsstoffuntersuchung** auf P, K und N wurde prüfgliedweise zum Entwicklungsstadium BBCH 30-32 Blattmaterial entnommen. Entsprechend wurden die Korn- und Strohproben als Mischprobe aus den 4 Wiederholungen untersucht. Durch einen technischen Fehler standen für das Jahr 2007 keine P- und K-Strohgehalte zur Verfügung. Die **statistische Auswertung** (Mittelwertbildung und t-Test für den paarweisen Vergleich) erfolgte für den Korn- und Strohertrag mit der Hohenheim-Gülzower-Serienauswertung (MICHEL et al. 2007). Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt im Bericht im Mittel der Jahre, im Anhang wurden die Einzeljahre wiedergegeben.

Tab. 2: Lageplan: lateinisches Rechteck A-LR 8/4/1

	L	1	L	2	L	3	L	4
R 4	5	3	8	2	7	4	6	1
R 3	4	7	1	6	8	2	3	5
R 2	6	8	5	7	3	1	4	2
R 1	1	2	3	4	5	6	7	8



Versuch 2007



Versuch 2008

Tab. 3: Düngerart und -menge

PG-Nr.	P-Düngung (kg P/ha) weicherdiges Rohphosphat (gekörnt)	K-Düngung (kg K/ha) Kaliumsulfat (50 %)
1	0	0
2	15	0
3	15	80
4	15	160
5	0	40
6	15	40
7	30	40
8	60	40

3 Ergebnisse

3.1 Pflanzengehalte

Alle Nährstoffgehalte wurden durch das Jahr beeinflusst. (Tab. 2A-4A) So lag der Stickstoffgehalt in der Trockenmasse im Mittel der Varianten zwischen 3,4 % (2007) und 4,4 % (2006), der Phosphorgehalt zwischen 0,37 % (2008) und 0,64 % (2006) und der Kaliumgehalt zwischen 3,77 % (2008) und 5,19 % (2006). Im Mittel der Jahre lagen die ermittelten Gehalte über den Sollwerten für den konventionellen Anbau (Anonymus, 2008), so dass eine optimale Versorgung der Pflanzen mit den Grundnährstoffen zu BBCH 30-32 gegeben war. Weder bei Phosphor und Kalium noch bei Stickstoff ergab die Pflanzenanalyse deutlichen Einfluss der Düngung auf die Gehalte in der Pflanze zu Bestockungsende (Tab. 4).

Tab. 4: Nährstoffgehalte in der Pflanze (BBCH 30-32, Mittelwert 2005-08)

Düngung	Nährstoffgehalte % TM		
	N	P	K
Ohne Düngung			
0 kg P/ha+0 kg K/ha	3,9	0,53	4,00
Sollwerte BBCH 31*	2,4 - 4,7	0,33 – 0,67	2,9 – 5,5
P-Düngung			
0 kg P/ha+40 kg K/ha	3,9	0,51	4,34
15 kg P/ha+40 kg K/ha	3,8	0,51	4,25
30 kg P/ha+40 kg K/ha	3,9	0,52	4,16
60 kg P/ha+40 kg K/ha	3,9	0,53	4,55
K-Düngung			
0 kg K/ha +15 kg P/ha	3,9	0,52	4,07
40 kg K/ha + 15 kg P/ha	3,8	0,51	4,25
80 kg K/ha + 15 kg P/ha	3,7	0,50	4,52
160 kg K/ha + 15 kg P/ha	3,7	0,49	4,51

* Anonymus (2008)

3.2 Korn- und Strohertrag

Die **Bestandesdichten** waren im Mittel aller Varianten 2006 mit 375 Ähren tragenden Halmen je Quadratmeter am geringsten und 2007 mit 561 am höchsten (Tab. 5A). In der Variante ohne Düngung lag die bestandesdichte über dem Mittel der Düngungsvarianten. Durch steigende P-Gaben erhöhte sich die Anzahl Ähren tragender Halme, jedoch blieb die Bestandesdichte unter der ungedüngten Variante. Kaliumgaben von 80 und 160 kg/ha führten zu einer Erhöhung der Bestandesdichte (Tab. 5).

Der **Kornertrag** schwankte zwischen den Jahren deutlich stärker als zwischen den Varianten. Im Jahr 2005 wurde mit 43,5 dt/ha der höchste Ertrag erreicht. 2008 wurden dagegen nur 33,1 dt/ha geerntet (Tab. 6A). Der Kornertrag war in der Variante ohne Düngung am geringsten. In keinem der vier Untersuchungsjahre konnte ein signifikanter Einfluss der Düngung nachgewiesen werden. Die mehrjährige Auswertung ergab jedoch signifikante Unterschiede, allerdings nur zwischen Stufen der P- und K-Düngung und der Stufe ohne jegliche Düngung. Mit einer Nährstoffkomponente (P oder K) konnten noch keine gesicherten Mehrerträge im Vergleich zur Variante ohne Düngung nachgewiesen werden. Zwischen den Düngungsstufen waren weder bei P noch bei K Unterschiede nachweisbar (Abb. 1).

Die **Stroherträge** verhielten sich in den Jahren entsprechend der Kornerträge und erreichten mit 35,4 dt/ha Trockenmasse 2005 den höchsten Wert, 2008 wurden dagegen nur 18,2 dt/ha

Stroh geerntet (Tab. 7A). Zwischen den Düngungsvarianten konnten im Vergleich zur Variante ohne Düngung keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Abb. 2). Tendenziell sinken mit steigenden Phosphorgaben die Stroherträge, wogegen sie mit steigenden K-Gaben zunehmen.

Tab. 5: Bestandesdichte, Korn- und Strohertrag (Mittelwert 2005-08)

Düngung	Bestandesdichte	Kornertrag	Strohertrag
	Ähren/m ²	dt/ha (86 % TS)	dt/ha (TS)
Ohne Düngung			
0 kg P/ha+0 kg K/ha	496	35,8	27,6
P-Düngung			
0 kg P/ha+40 kg K/ha	475	36,7	29,1
15 kg P/ha+40 kg K/ha	478	38,2	28,8
30 kg P/ha+40 kg K/ha	492	37,6	28,4
60 kg P/ha+40 kg K/ha	482	38,5	27,1
K-Düngung			
0 kg K/ha +15 kg P/ha	472	37,4	27,9
40 kg K/ha + 15 kg P/ha	478	38,2	28,8
80 kg K/ha + 15 kg P/ha	516	38,5	28,4
160 kg K/ha + 15 kg P/ha	514	38,9	29,3

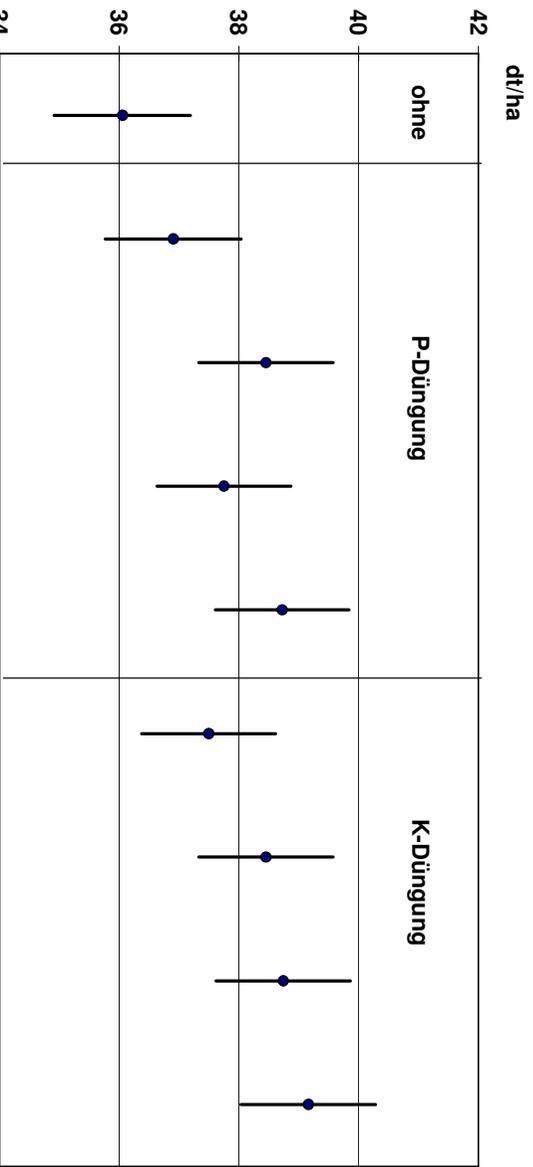


Abb. 1: Mittelwert Kornertag mit Intervallen für den paarweisen Vergleich (90%)

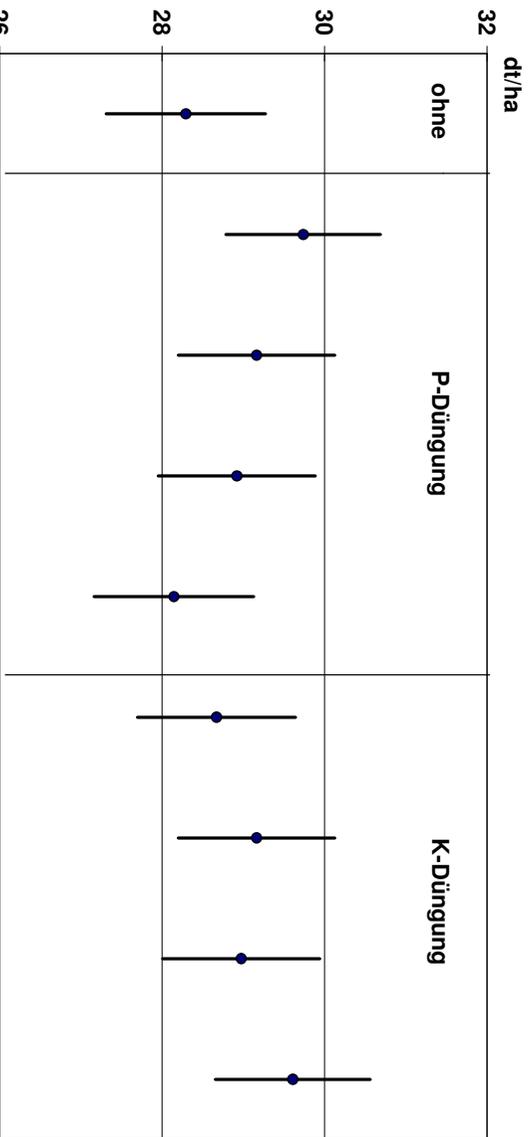


Abb. 2: Mittelwert Strohertrag mit Intervallen für den paarweisen Vergleich (90%)

3.3 Nährstoffgehalte im Erntegut

Die Nährstoffgehalte im **Korn** zeigten ebenfalls jahresbedingte Unterschiede. Bei Phosphor lagen diese in den Jahren 2005 und 2006 im Mittel der Varianten bei 0,39 %, in den anderen beiden Jahren bei 0,44 %. Die Stickstoffgehalte erreichten 2008 mit durchschnittlich 1,99 % in der Trockenmasse den höchsten Wert und mit 1,55 % im Jahr 2006 den geringsten. Der Kaliumgehalt war 2005 mit 0,42 % besonders gering, dagegen unterschieden sich die anderen Jahre kaum (Tab. 8A-10A).

Insgesamt lagen die Gehalte im Korn in der ungedüngten Variante im Mittel der Untersuchungsjahre über den Gehalten, die von verschiedenen Autoren für den ökologischen Landbau ausgewiesen wurden. Die Düngung mit Phosphor und Kalium führte zu keiner deutlichen Veränderung der Nährstoffgehalte im Korn. (Tab. 6).

Tab. 6: Nährstoffgehalte im Korn (Mittelwert 2005-08)

Düngung	Nährstoffgehalte % TM		
	N	P	K
Ohne Düngung			
0 kg P/ha+0 kg K/ha	1,83	0,42	0,51
Sollwerte */**	1,38/1,34	0,35/0,35	0,50/0,50
P-Düngung			
0 kg P/ha+40 kg K/ha	1,80	0,41	0,51
15 kg P/ha+40 kg K/ha	1,78	0,43	0,52
30 kg P/ha+40 kg K/ha	1,83	0,43	0,54
60 kg P/ha+40 kg K/ha	1,80	0,41	0,53
K-Düngung			
0 kg K/ha +15 kg P/ha	1,75	0,41	0,52
40 kg K/ha + 15 kg P/ha	1,78	0,43	0,52
80 kg K/ha + 15 kg P/ha	1,80	0,40	0,51
160 kg K/ha + 15 kg P/ha	1,78	0,41	0,52

* Anonymus (2008), Kolbe & Köhler (2006)

Die Nährstoffgehalte im Stroh wiesen zwischen den Jahren deutliche Unterschiede auf. In den Ertragsschwachen Jahren 2006 und 2008 waren die Phosphor- und Kaliumgehalte am höchsten. Bei den Stickstoffgehalten wurden 2007 und 2008 die höheren Gehalte festgestellt (Tab. 11A-13A).

Im Mittel der Jahre lagen die N-Gehalte über den Richtwerten, dagegen entsprachen die P- und K-Gehalte den angegebenen Sollwerten. Zwischen den Düngungsvarianten wurden allerdings keine Unterschiede festgestellt.

Tab. 7: Nährstoffgehalte im Stroh (Mittelwert 2005-08)

Düngung	Nährstoffgehalte % TM		
	N	P	K
Ohne Düngung			
0 kg P/ha+0 kg K/ha	0,6	0,14	1,31
Sollwerte */**	0,44/0,44	0,13/0,13	1,41/1,41
P-Düngung			
0 kg P/ha+40 kg K/ha	0,6	0,13	1,51
15 kg P/ha+40 kg K/ha	0,6	0,12	1,38
30 kg P/ha+40 kg K/ha	0,6	0,12	1,33
60 kg P/ha+40 kg K/ha	0,6	0,13	1,42
K-Düngung			
0 kg K/ha +15 kg P/ha	0,6	0,12	1,36
40 kg K/ha + 15 kg P/ha	0,6	0,12	1,38
80 kg K/ha + 15 kg P/ha	0,6	0,10	1,48
160 kg K/ha + 15 kg P/ha	0,6	0,12	1,44

* Anonymus (2008), Kolbe & Köhler (2006)

Aus den Erträgen und den Gehalten wurde der N-, P- und K-Entzug für Korn und Stroh berechnet (Tab. 8, 9). Wie bei den Ausgangswerten wurden sowohl bei den Korn- als auch Strohentzügen in der Regel stärkere Unterschiede zwischen den Jahren als zwischen den Varianten festgestellt (Tab. 14 A-19A). Nur beim Stroh ergaben sich durch steigende Erträge in den Varianten mit hoher Kaliumdüngung auch höhere Kaliumentzüge. Insgesamt wurden im Mittel der Jahre 75,2 kg/ha Stickstoff, 50,9 kg/ha Kalium und nur 16,5 kg/ha Phosphor vom Feld gefahren. Während mit dem Korn große Mengen Stickstoff abgefahren werden, ist beim Stroh besonders die Kaliumabfuhr von Bedeutung.

Tab. 8: Nährstoffentzüge Korn (Mittelwert 2005-08)

Düngung	Nährstoffentzüge kg/ha		
	N	P	K
Ohne Düngung			
0 kg P/ha+0 kg K/ha	56,7	13,1	15,8
P-Düngung			
0 kg P/ha+40 kg K/ha	58,3	13,2	16,4
15 kg P/ha+40 kg K/ha	57,5	13,8	16,7
30 kg P/ha+40 kg K/ha	58,1	13,8	16,9
60 kg P/ha+40 kg K/ha	58,9	13,5	17,0
K-Düngung			
0 kg K/ha +15 kg P/ha	56,3	13,1	16,4
40 kg K/ha + 15 kg P/ha	57,5	13,8	16,7
80 kg K/ha + 15 kg P/ha	60,2	13,4	16,7
160 kg K/ha + 15 kg P/ha	59,6	13,7	17,3

Tab. 9: Nährstoffentzüge Stroh (Mittelwert 2005-08)

Düngung	Nährstoffentzüge kg/ha		
	N	P	K
Ohne Düngung			
0 kg P/ha+0 kg K/ha	17,0	3,3	30,8
P-Düngung			
0 kg P/ha+40 kg K/ha	17,2	3,6	38,3
15 kg P/ha+40 kg K/ha	17,8	3,1	34,7
30 kg P/ha+40 kg K/ha	16,9	3,0	32,7
60 kg P/ha+40 kg K/ha	15,8	2,9	30,6
K-Düngung			
0 kg K/ha +15 kg P/ha	16,6	2,9	31,6
40 kg K/ha + 15 kg P/ha	17,8	3,1	34,7
80 kg K/ha + 15 kg P/ha	17,1	2,6	36,8
160 kg K/ha + 15 kg P/ha	17,2	3,1	38,6

3.4 Nährstoffgehalte im Boden

Die pH-Werte lagen im Mittel der Jahre sowohl zur Aussaat als auch zur Ernte bei 5,9 und entsprachen der pH-Klasse C. Veränderungen in Abhängigkeit von der Düngung wurden nicht festgestellt.

Phosphor- und Kaliumgehalte waren insgesamt hoch (Gehaltsklasse D bzw. C), was besonders bei Phosphor auf die Vorgeschichte des Versuchsstandortes zurückzuführen ist. In den Jahren 2005, 2007 und 2008 war der Versuch auf Schlägen, die besonders hohe Phosphor und Kaliumwerte aufwiesen, insbesondere 2007 bei Phosphor (Schlag 1 und 2, Abb. 1A, 2A). Diese Tatsache wird durch starke Jahreseffekte überlagert, die besonders bei Kalium eine Rolle spielen.

Die zur Aussaat festgestellten standortbedingten Gehaltsunterschiede blieben bis zur Ernte im jeweiligen Jahr erhalten (20A-23A). Nach der Ernte waren im Mittel der Jahre in der Schicht 0-30 cm bei steigender Phosphordüngung leicht steigende P₂O₅-Gehalte im Boden festzustellen. Ähnlich verhielten sich die Kaliumgehalte, so dass bei steigender Kaliumdüngung die K₂O-Gehalte im Boden leicht anstiegen (Tab. 10).

Tab. 10: Nährstoffgehalte im Boden (0-30 cm) nach der Ernte (Mittelwert 2005-08)

Düngung	Nährstoffgehalt im Boden (g/100 g Boden)	
	nach Ernte	nach Ernte
	P ₂ O ₅	K ₂ O
Ohne Düngung		
0 kg P/ha+0 kg K/ha	20	12
P-Düngung		
0 kg P/ha+40 kg K/ha	21	14
15 kg P/ha+40 kg K/ha	22	12
30 kg P/ha+40 kg K/ha	22	12
60 kg P/ha+40 kg K/ha	23	12
K-Düngung		
0 kg K/ha +15 kg P/ha	22	12
40 kg K/ha + 15 kg P/ha	22	12
80 kg K/ha + 15 kg P/ha	21	13
160 kg K/ha + 15 kg P/ha	22	14

4 Diskussion der Ergebnisse

4.1 Allgemeines

Der Versuch wurde in den Varianten ähnlich einem Versuch in Sachsen (Kolbe 2006) angelegt, jedoch mit Mobilität in der Fläche. Dadurch sind Aussagen nur zu einer Fruchtart möglich, dafür aber im mehrjährigen Vergleich. Die Versuchsfrucht Sommergerste gehört zwar nicht zu den stark P und K bedürftigen Arten, erreichte in der Vergangenheit jedoch stets eine hohe Versuchspräzision. Diese ist erforderlich, um die zu erwartenden geringen Effekte auch sicher Widergeben zu können. Außerdem ist der Fruchtfolgeschlag Getreide ausreichend von störenden Einflüssen wie zum Beispiel der Stalldungdüngung entfernt, was für einen Düngungsversuch sehr wichtig erschien. Der gewählte Dünger lehnte sich an die Versuchsanstellung in Sachsen an, obwohl bekannt ist, dass das weicherdige Rohphosphate im Vergleich zu anderen Rohphosphaten eine eingeschränkte Wirksamkeit aufweist (Kerschberger und Marks 2002).

Die sehr gute Versorgung der Versuchsfelder mit Grundnährstoffen lässt zunächst einen Düngungsversuch unsinnig erscheinen, bei einer aus vielen Versuchsergebnissen geplanten Beschreibung der Beziehungen zwischen Ertrag und Versorgungsgrad der Böden können diese Ergebnisse einen Baustein darstellen und an die Aussagen zu schlecht versorgten Böden mit gegebenenfalls hohen Ertragszuwächsen anschließen.

Vordergründiges Ziel waren Aussagen in Bezug auf den Ertrag, so dass auch nur bei der Ertragsermittlung von Korn und Stroh eine Parzellenweise Erfassung der Daten und statistische Verrechnung erfolgte. In der Folge können die Ergebnisse zu den Inhaltsstoffen in der Blattmasse und den Ernteprodukten nur mit Einschränkungen bewertet werden. Bei der Entnahme der Bodenproben ist ebenfalls von einem engen Praxisbezug ausgegangen worden, so dass die Beprobungstiefe auf 30 cm begrenzt blieb. Diese Vorgehensweise ist für die Bestimmung der Grundnährstoffgehalte üblich.

4.2 Pflanzengehalte

Die im Versuch ermittelten Gehalte in der grünen Blattmasse am Ende der Bestockung waren sowohl bei Phosphor als auch bei Kalium im Jahr 2006 am höchsten. Ursache sind in erster Linie die feuchten Bedingungen im April und Mai, die zu einer guten Lösung der Nährstoffe und hohen Aufnahme führten. Dagegen waren die Gehalte im Jahr 2008 am geringsten. Alle Werte entsprachen jedoch den Richtwerten verschiedener Autoren (Anonymus 2008, Mengel 1984, König und Zorn 2003).

Die P- und K-Gehalte im grünen Pflanzenmaterial blieben von einer steigenden Düngung weitestgehend unbeeinflusst.

In einem Düngungsversuch mit Kainit am Standort Gülzow wurden zu Öko-Sommerweizen 66 kg Kalium ausgebracht. Einen Einfluss auf die K-Gehalte in der grünen Blattmasse zu BBCH 31 hatte diese Maßnahme ebenfalls nicht (Gruber und Titze 2008). Deutliche Düngungseffekte bei Wintergetreide wies Boelcke (2009) in einem Dauerversuch am gleichen Standort unter konventionellen Bedingungen erst bei Bodengehalten unter 8 mg K₂O/100 g Boden nach (Gehaltsklasse B).

4.3 Korn- und Strohertrag

Die bei steigender Phosphor- und Kaliumdüngung steigenden Kornerträge mit Signifikanz bei der kombinierten P- und K-Düngung zur ungedüngten Variante ist ein Ergebnis, das so nicht zu erwarten war, besonders, da in keinem der Einzeljahre bei für den Standort sehr guter Versuchspräzision ein gesicherter Effekt nachgewiesen werden konnte. Trotz der sehr guten Bodenversorgung (Gehaltsklasse C/D nach DL-Mehtode) waren bereits bei 15 kg P und 40 kg K Ertragswirkungen nachweisbar, wobei eine Erhöhung der Düngergaben ohne weitere Auswirkungen blieb. Ein Ertragszuwachs durch Düngung von etwa 10 % geben auch Kolbe und Köhler (2008) an, wenn die Bodengehalte im hier festgestellten Bereich liegen. Die berechneten Nährstoffentzüge durch Korn und Stroh entsprechen etwa der Zufuhr durch die Variante mit 15 kg P und 40 kg K. Steigende Düngung führt daher zu steigenden Bilanzüberhängen bei Phosphor und Kalium.

Der Vergleich der Variante ohne Düngung mit der Variante 15 kg P und 40 kg K (signifikanter Unterschied) ergab einen Ertragsvorteil durch die Düngung von 2,4 dt/ha. Die gegenwärtig wieder gesunkenen Düngerpreise (0,60 €/kg P, 0,70 €/kg K) lassen bei einem Getreidepreis für Futtergerste bis zu etwa 17 €/dt eine Kostendeckung einschließlich Ausbringungskosten zu. Trotz der Wirtschaftlichkeit der Düngung wird der Ertragseffekt als gering eingeschätzt und daher die Maßnahme in Frage gestellt. Bei dieser Betrachtung bleibt jedoch die längerfristige Wirkung unberücksichtigt.

Insgesamt liegen bisher nur wenige Ergebnisse zu dieser Problematik vor, die unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus gewonnen wurden. Erschwerend kommt hinzu, dass die wenigen Ergebnisse meist zu unterschiedlichen Aussagen führen, da Standortbedingungen, Düngerart, Fruchtart und andere Einflussgrößen variieren. So konnten in dem bereits oben erwähnten Düngungsversuch mit Kainit bei oberflächlicher Ausbringung auf den Sommerweizenbestand zwar eine deutliche Reduzierung des Unkrautdeckungsgrades festgestellt werden, Ertragseffekte blieben jedoch aus (Gruber und Titze 2008). Kolbe (2006) erzielte in einem vergleichbaren Versuch zur Grundnährstoffdüngung durch P-Düngung zu Wintergerste größere Ertragseffekte als durch Kaliumdüngung, was möglicherweise auf die sehr schlechte Phosphorversorgung der Böden zurückzuführen ist (unter 2 mg P/100 g Bo-

den). Fast alle untersuchten Kulturen reagierten aber wenig bis gar nicht auf steigende Düngergaben. Darüber hinaus wurden zum Beispiel bei Winterweizen und Ackerbohnen in beiden Rotationen sehr unterschiedliche Reaktionen festgestellt (Kolbe 2007, 2008). Emmerling (1999) erreichte bei einer guten bis sehr guten P-Versorgung der Böden durch steigende P-Düngung besonders bei Roggen und Hafer-Leguminosen-Gemenge steigende Erträge. Auch unter konventionellen Bedingungen fallen die Aussagen unterschiedlich aus. In Gefäßversuchen mit Schwarzerde wiesen Kerschberger und Marks (2002) einen Ertragseffekt weicherdigen Rohphosphats nach, der im Vergleich zu anderen Rohphosphaten aber deutlich geringer war. Albert (2008) erreichte die größten Ertragszuwächse bereits bei einer P-Düngung von 15 kg/ha, was den hier gewonnenen Daten entsprechen würde. Bei guter Bodenversorgung waren die Ertragssteigerungen bei steigender Düngermenge deutlich geringer. Boelcke (2009) erreichte bei Getreide durch Düngung nach Entzug zunächst geringe Ertragseffekte. Erst mit abnehmenden Bodengehalten erhöhte sich die durch PK-Düngung erreichten Mehrerträge in Abhängigkeit von der Düngermenge und dem Jahr.

Kalium wird vor allen Dingen durch das Getreidestroh vom Feld abgefahren. Eine steigende Düngung mit Kalium machte sich jedoch nicht im Strohertrag bemerkbar. Auffällig waren die hohen Ertragsschwankungen (18,2 bis 35,4 dt/ha) zwischen den Jahren, die auch Boelcke (2009) im konventionellen Dauerdüngungsversuch bei Wintergetreide am gleichen Standort beschreibt.

4.4 P- und K-Gehalte im Erntegut

Weder im Korn noch im Stroh war eine eindeutige Veränderung durch steigende Düngergaben festzustellen. Ähnliche Aussagen ergaben sich auch in dem Versuch mit Kainitanwendung bei Sommerweizen (Gruber und Titze 2008). Emmerling (1999) stellte dagegen in einem P-Steigerungsversuch unter ökologischen Anbaubedingungen neben einer Ertragssteigerung auch eine Erhöhung der P-Gehalte im Roggenkorn fest.

Auffällig waren dagegen die sowohl im Korn als auch im Stroh vergleichsweise hohen Werte, die teilweise deutlich über den Öko-Richtwerten lagen (Kolbe und Köhler 2006). Die im Versuch ermittelten Gehalte, insbesondere die Stickstoff und Phosphorgehalte im Korn, entsprachen eher den Werten, die für konventionelle Bedingungen angegeben werden (Anonymus 2008). Ursachen könne die Vorfrucht Klee gras sein, die mangelnde Differenzierung in den Öko-Richtwertetabellen zwischen Futter- und Braugerste und die unter ökologischen Anbaubedingungen geringe Stickstoffversorgung, die zu einer Veränderung der einzelnen Ertragsbildungsphasen führen kann. Hier sind besonders die kurzen Umlagerungsphasen vom Stroh ins Korn durch frühe Abreife zu nennen.

Boelcke (2009) stellte dagegen im konventionellen Dauerdüngungsversuch am Standort Gülzow deutlich geringere Gehalte im Korn fest als in Richtwertetabellen angegeben.

4.5 Bodengehalte

Ergebnisse vom Standort Gülzow aus der seit 1993 laufenden Öko-Fruchtfolge zeigen, dass sich ohne mineralische Düngung die Gehalte nur über einen langen Zeitraum verändert haben (Gruber 2009). Der Vergleich der Einflüsse von Jahr und Standort (Abb. 1A-4A) macht deutlich, dass bei Phosphor stärkere Schlag- und bei Kalium stärkere Jahreseffekte auftreten. Diese Ergebnisse wurden durch die Bodenuntersuchungen zum vorgestellten Versuch bestätigt. Mit diesem Hintergrund waren Veränderungen der Bodengehalte von der Aussaat bis zur Ernte nicht zu erwarten.

Daher war es umso erstaunlicher, dass Tendenzen nachgewiesen werden konnten. Jedoch wurde die Frage nach dem Verbleib der gedüngten Nährstoffe damit nicht ausreichend beantwortet. Im Mittel der Jahre ergab sich ein leichter Anstieg der Bodengehalte mit zunehmender Düngung, jedoch abgeschwächer als Kolbe und Köhler (2008) beschreiben. Diese Tatsache ist vermutlich auf das hohe Ausgangsniveau der Bodengehalte am Standort Gülzow zurückzuführen. Es bleibt jedoch offen, ob der sehr moderate Anstieg der K-Gehalte zur Ernte den Verbleib von 160 kg Kalium erklären kann.

Auch die Ergebnisse aus dem Dauerversuch in Sachsen zeigen insbesondere bei Kalium, dass selbst bei jährlicher Düngung die Akkumulation nicht in jedem Jahr steigende Gehalte im Boden nach sich zieht (Kolbe 2006). Emmerling (1999) erreichte dagegen auch bei kurzer Versuchslaufzeit mit steigenden P-Gaben eine teilweise signifikante Anhebung der P_{DL} -Gehalte im Boden. Im Dauerdüngungsversuch von Boelcke (2009) wird unter konventionellen Bedingungen ebenfalls deutlich, dass kurzfristige Veränderungen bei unterlassener Düngung kaum zu erwarten sind, insbesondere dann, wenn die Gehalte in den Gehaltssklasse C und D liegen. Jahresabhängige Schwankungen traten dagegen deutlich hervor.

Die starken jahresbedingten Gehaltsschwankungen am Standort führen dazu, dass bei auswaschungsgefährdeten Böden in der Praxis eine Überprüfung der Bodengehalte in kürzeren Abständen gefordert werden muss. Besonders die Kontrolle der Kaliumgehalte ist mindestens alle drei Jahre notwendig, da die hohe Beweglichkeit im Boden schnell zu falschen Schlüssen führen kann. Dieser Forderung schließt sich auch Boelcke (2009) für konventionelle Bedingungen an, wenn unter vergleichbaren Restriktionen wie in den Versuchen gewirtschaftet wird.

5 Zusammenfassung

- In einem rotierenden Parzellenversuch wurden am Standort Gülzow der Einfluss von steigender P- und K-Düngung auf Ertrag und Inhaltsstoffe geprüft sowie Auswirkungen auf die Gehalte im Boden untersucht.
- Steigende P- und K-Düngung führte nicht zu einer Erhöhung der Gehalte zum Zeitpunkt Bestockungsende. Ebenfalls konnte bei steigenden Düngergaben kein Einfluss auf die P- und K-Gehalte in Stroh und Korn nachgewiesen werden.
- Die Erträge stiegen mit steigender Düngung an, jedoch waren nur im Vergleich zur Variante ohne Düngung signifikante Unterschiede nachweisbar. Zwischen den Düngungsstufen konnten keine gesicherten Unterschiede festgestellt werden.
- Die Bodengehalte befanden sich auf hohem Niveau, stiegen aber dennoch zu Versuchsende mit steigenden Düngermengen leicht an.
- Die Diskussion zeigte widersprüchliche Ergebnisse, die in erster Linie durch unterschiedliche Bedingungen entstanden sind. Die geringe Anzahl aussagekräftiger Daten erschweren daher die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse und lassen eine zuverlässige Empfehlung für unterschiedliche Bedingungen bisher kaum zu.

6 Schlussfolgerungen

6.1 aus den vorliegenden Versuchsergebnissen

- Da kein Dauerversuch angelegt werden konnte, mussten die Untersuchungen in einem in der Fruchtfolge mobilen Versuch durchgeführt werden, der nur begrenzte Aussagen liefern kann. Die gewählte Fruchtart entsprach zwar den am Standort gegebenen Möglichkeiten, lässt aber nur eine eingeschränkte Übertragbarkeit auf andere Kulturen zu.
- Die am Standort Gülzow gewonnenen Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass eine Grundnährstoffdüngung bei guter Bodenversorgung (Gehaltsklasse C) zu Getreide auf Grund der geringen Ertragszuwächse nicht erforderlich ist. Bei hohen Düngemittelpreisen ist die Maßnahme darüber hinaus kaum wirtschaftlich.
- Die Bodenuntersuchungen wurden nur sehr eingeschränkt vorgenommen, so dass der Verbleib der Nährstoffüberhänge nicht geklärt werden konnte.
- Bei abnehmenden Bodengehalten sollten Grundnährstoffe zu stark bedürftigen Kulturen (z. B. Kartoffel) gegeben werden, die insbesondere einen höheren Kaliumbedarf aufweisen.

6.2 aus der Diskussion

- Die hier vorgestellten Ergebnisse stellen einen Baustein bei der Klärung der Zusammenhänge zwischen Grundnährstoffdüngung und Ertrag einerseits sowie zwischen Bodengehalten und optimaler Nährstoffversorgung andererseits dar.
- Die Erweiterung der Versuchsbasis an verschiedenen Standorten ist dringend erforderlich, um die Datengrundlage zu verbessern und Schlussfolgerungen ableiten zu können.
- Der Versuch am Standort Gülzow sollte bis zum Abschluss einer Rotation (6 Jahre) weitergeführt werden.

Literatur

- Albert, E. (2008): Grunddünger streuen? Bauernzeitung 49 (2008) 32, S. 36-38
- Anonymus (2008): Richtwerte für die Untersuchung und Beratung zur Umsetzung der Düngerverordnung in Mecklenburg-Vorpommern. Hrsg. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern.
- Boelcke, B. (2009): Grunddüngungsstrategien zur Sicherung einer hohen Effizienz des Düngemittleinsatzes und der Bodenfruchtbarkeit in Mecklenburg-Vorpommern. Forschungsbericht 2/02, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern.
- Emmerling (1999): Phosphorversorgung und –nachlieferung in langjährig ökologisch bewirtschafteten Böden und Schlussfolgerungen für den Praxisbetrieb. In: schriftliche Kurzfassung der Beiträge zum XIX. Fortbildungsseminar der Sächsischen Interessengemeinschaft Ökologischer Landbau e. V. vom 11.-12.03.1999 in Pressel, Hrsg. R. Einsiedel
- Gruber, H. (2009): Entwicklung der Grundnährstoffgehalte in einem schwach lehmigen Sandboden Nordostdeutschlands nach langjähriger ökologischer Bewirtschaftung. Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 21, 123-124
- Gruber, H. und A. Titze (2008): Einfluss einer Kainitdüngung auf Unkrautflora und Ertragsbildung bei Sommerweizen im ökologischen Landbau. Forschungsbericht 04/14, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern.
- Kerschberger, M. u. G. Marks (2002): Rohphosphat was sonst. Bauernzeitung 43(2002)15, S. 31-32
- Kolbe, H. u. B. Köhler (2008): BEFU – Teil Ökologischer Landbau. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Freistaat Sachsen, Heft 36/2008
- Kolbe, H. (2006): P- und K-Grunddüngung im ökologischen Landbau. Poster. <http://orgprints.org/8865>
- Kolbe, H. (2004): Feldversuchsplan Ro 11, Grunddüngung im ökologischen Landbau. Persönliche Mitteilung.
- Kolbe, H. u. B. Köhler (2006): Nährstoffgehalte der Fruchtarten im Haupt- und Nebenprodukt im ökologischen Landbau. Arbeitsgruppe der Versuchsansteller im ökologischen Landbau, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft Leipzig
- Kolbe, H. (2007 und 2008): Grunddüngung im ökologischen Landbau, Kurzbericht Winterweizen und Ackerbohnen. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft Leipzig

- König, V. und W. Zorn (2003): Richtlinie für die Anwendung der Pflanzenanalyse – Landwirtschaft. In: Die Pflanzenanalyse zur Diagnose des Ernährungszustandes von Kulturpflanzen. Agrimedia GmbH Bergen/Dümme S 23-38
- Mengel, K (1984): Ernährung und Stoffwechsel der Pflanzen. 6. Auflage, Gustav Fischer Verlag Jena
- Michel V., A. Zenk, J. Möhring, A. Büchse, H.-P. Piepho (2007): Die Hohenheim- Gülzower Serienauswertung als bundesweites Basisverfahren im regionalisierten Sortenwesen. Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern Heft 37

Anhang

Tab. 1A: Bonituren und Messungen

Merkmalsbezeichnung	Abkürzung PIAF	Gruppe	Einstufung	Format	Zuständigkeit
Bestand					
Datum des Aufgangs	AUF GANG	V	P	D	14
Datum der Ernte	ERNTDAT	V	P	D	14
Ähren je lfd. m in der Reihe	AEHRLFDM	P	P	3,0	14
Mängel im Stand nach Aufgang	MNGLAUFG	P	E	B	14
Mängel i. Stand nach Ährenschieben	MNGLN AE	P	E	B	14
Lager vor Reife	LAG V R	P	E	B	14
Pflanzenproben (EC 30-32)					
N- Gehalt in der Pflanze	N GEPFLA	A	P	2,1	22
P- Gehalt in der Pflanze	P GEPFLA	A	P	2,1	22
K- Gehalt in der Pflanze	K GEPFLA	A	P	2,1	22
Ertragsermittlung					
Kornertrag pro Parzelle kg	ERTR KG	P	P	2,2	VS
Trockensubstanz (Korn) %	TS	P	P	2,2	VS
Strohertrag /Parzelle kg, erntefrisch	STRO KG	P	P	2,2	VS
TS Stroh %	TS STRO	A	P	2,1	VS
Ernteproben					
Tausendkornmasse g, lufttrocken	TKG LUTR	A	P	2,2	21
N- Gehalt Korn	N GEKORN	A	P	2,1	22
P- Gehalt Korn	P GEKORN	A	P	2,1	22
K- Gehalt Korn	K GEKORN	A	P	2,1	22
N- Gehalt Stroh	N GESTRO	A	P	2,1	22
P- Gehalt Stroh	P GESTRO	A	P	2,1	22
K- Gehalt Stroh	K GESTRO	A	P	2,1	22

Berechnete Merkmale

Merkmalsbezeichnung	Abkürzung PIAF	Format
Kornertrag bei 86% TS dt/ha	ERTR86DT	3,1
Bestandesdichte (Ähren)	AEHR QM	3,0
Stroh- TM- Ertrag dt/ha	TMDTSTRO	3,1
N- Entzug (Korn TS 86%)	N ENZUG2	3,1
P-Entzug Korn		
K-Entzug Korn		
N- Entzug (Stroh)		
P-Entzug (Stroh)		
K-Entzug (Stroh)		
N-Entzug gesamt		
K-Entzug gesamt		
P-Entzug gesamt		

Tab. 2A: Stickstoffgehalte (% in TM) in der Pflanze BBCH 30-32

Düngung	2005	2006	2007	2008	Mittel
0 kg P/ha+0 kg K/ha	3,9	4,5	3,6	3,5	3,9
15 kg P/ha+0 kg K/ha	4,0	4,3	3,5	3,7	3,9
15 kg P/ha+80 kg K/ha	3,9	4,0	3,3	3,6	3,7
15 kg P/ha+160 kg K/ha	3,7	4,1	3,5	3,5	3,7
0 kg P/ha+40 kg K/ha	3,8	4,8	3,4	3,5	3,9
15 kg P/ha+40 kg K/ha	3,8	4,3	3,4	3,5	3,8
30 kg P/ha+40 kg K/ha	3,9	4,6	3,4	3,6	3,9
60 kg P/ha+40 kg K/ha	4,0	4,6	3,2	3,8	3,9
Mittelwert	3,9	4,4	3,4	3,6	3,8

Tab. 3A: Phosphorgehalte (% in TM) in der Pflanze BBCH 30-32

Düngung	2005	2006	2007	2008	Mittel
0 kg P/ha+0 kg K/ha	0,50	0,65	0,56	0,39	0,53
15 kg P/ha+0 kg K/ha	0,52	0,62	0,53	0,39	0,52
15 kg P/ha+80 kg K/ha	0,49	0,61	0,53	0,36	0,50
15 kg P/ha+160 kg K/ha	0,47	0,62	0,51	0,37	0,49
0 kg P/ha+40 kg K/ha	0,50	0,65	0,54	0,35	0,51
15 kg P/ha+40 kg K/ha	0,49	0,64	0,54	0,36	0,51
30 kg P/ha+40 kg K/ha	0,51	0,65	0,54	0,38	0,52
60 kg P/ha+40 kg K/ha	0,53	0,69	0,52	0,37	0,53
Mittelwert	0,50	0,64	0,53	0,37	0,51

Tab. 4A: Kaliumgehalte (% in TM) in der Pflanze BBCH 30-32

Düngung	2005	2006	2007	2008	Mittel
0 kg P/ha+0 kg K/ha	4,01	4,56	3,90	3,52	4,00
15 kg P/ha+0 kg K/ha	4,08	4,30	3,89	4,02	4,07
15 kg P/ha+80 kg K/ha	4,30	5,63	4,13	4,00	4,52
15 kg P/ha+160 kg K/ha	4,77	5,47	4,18	3,63	4,51
0 kg P/ha+40 kg K/ha	4,35	5,41	4,01	3,58	4,34
15 kg P/ha+40 kg K/ha	4,08	5,21	4,13	3,59	4,25
30 kg P/ha+40 kg K/ha	3,96	4,86	3,99	3,81	4,16
60 kg P/ha+40 kg K/ha	4,05	6,04	4,12	3,99	4,55
Mittelwert	4,20	5,19	4,04	3,77	4,30

Tab. 5A: Bestandesdichten (Anzahl Ähren tragender Halme /m²)

Düngung	2005	2006	2007	2008	Mittel
0 kg P/ha+0 kg K/ha	460	404	606	514	496
15 kg P/ha+0 kg K/ha	538	264	514	570	472
15 kg P/ha+80 kg K/ha	484	418	566	596	516
15 kg P/ha+160 kg K/ha	476	440	504	636	514
0 kg P/ha+40 kg K/ha	434	354	570	542	475
15 kg P/ha+40 kg K/ha	442	324	612	534	478
30 kg P/ha+40 kg K/ha	464	384	584	536	492
60 kg P/ha+40 kg K/ha	470	414	534	508	482
Mittelwert	471	375	561	555	491

Tab. 6A: Kornertrag dt/ha

Düngung	2005	2006	2007	2008	Mittel
0 kg P/ha+0 kg K/ha	43,1	31,8	38,3	31,4	35,8
15 kg P/ha+0 kg K/ha	44,5	29,9	41,2	33,0	37,4
15 kg P/ha+80 kg K/ha	45,3	33,6	41,1	34,9	38,5
15 kg P/ha+160 kg K/ha	43,1	37,1	41,1	35,1	38,9
0 kg P/ha+40 kg K/ha	45,1	34,8	38,1	32,7	36,7
15 kg P/ha+40 kg K/ha	41,1	35,2	42,1	32,4	38,2
30 kg P/ha+40 kg K/ha	43,0	32,8	41,7	31,1	37,6
60 kg P/ha+40 kg K/ha	43,1	32,4	42,5	34,1	38,5
Mittelwert	43,5	33,4	40,8	33,1	37,7

Tab. 7A: Strohertrag dt/ha TM

Düngung	2005	2006	2007	2008	Mittel
0 kg P/ha+0 kg K/ha	34,9	23,5	35,1	17,1	27,6
15 kg P/ha+0 kg K/ha	36,2	22,9	35,7	16,9	27,9
15 kg P/ha+80 kg K/ha	35,7	24,7	34,9	18,4	28,4
15 kg P/ha+160 kg K/ha	35,0	26,4	33,9	21,9	29,3
0 kg P/ha+40 kg K/ha	38,7	26,0	33,8	17,8	29,1
15 kg P/ha+40 kg K/ha	32,3	26,0	36,2	20,7	28,8
30 kg P/ha+40 kg K/ha	35,6	24,2	34,7	19,1	28,4
60 kg P/ha+40 kg K/ha	35,2	22,3	37,2	14,0	27,1
Mittelwert	35,4	24,5	35,2	18,2	28,3

Tab. 8A: Stickstoffgehalte (% in TM) im Korn

Düngung	2005	2006	2007	2008	Mittel
0 kg P/ha+0 kg K/ha	1,80	1,60	1,90	2,00	1,83
15 kg P/ha+0 kg K/ha	1,80	1,50	1,80	1,90	1,75
15 kg P/ha+80 kg K/ha	1,80	1,60	1,90	1,90	1,80
15 kg P/ha+160 kg K/ha	1,70	1,50	1,90	2,00	1,78
0 kg P/ha+40 kg K/ha	1,80	1,50	1,90	2,00	1,80
15 kg P/ha+40 kg K/ha	1,70	1,50	1,90	2,00	1,78
30 kg P/ha+40 kg K/ha	1,70	1,60	1,90	2,10	1,83
60 kg P/ha+40 kg K/ha	1,70	1,60	1,90	2,00	1,80
Mittelwert	1,75	1,55	1,89	1,99	1,79

Tab. 9A: Phosphorgehalte (% in TM) im Korn

Düngung	2005	2006	2007	2008	Mittel
0 kg P/ha+0 kg K/ha	0,41	0,39	0,44	0,44	0,42
15 kg P/ha+0 kg K/ha	0,39	0,38	0,44	0,43	0,41
15 kg P/ha+80 kg K/ha	0,37	0,38	0,43	0,43	0,40
15 kg P/ha+160 kg K/ha	0,38	0,38	0,42	0,46	0,41
0 kg P/ha+40 kg K/ha	0,39	0,37	0,45	0,42	0,41
15 kg P/ha+40 kg K/ha	0,38	0,43	0,46	0,43	0,43
30 kg P/ha+40 kg K/ha	0,40	0,43	0,45	0,45	0,43
60 kg P/ha+40 kg K/ha	0,39	0,38	0,45	0,43	0,41
Mittelwert	0,39	0,39	0,44	0,44	0,42

Tab. 10A: Kaliumgehalte (% in TM) im Korn

Düngung	2005	2006	2007	2008	Mittel
0 kg P/ha+0 kg K/ha	0,42	0,54	0,55	0,54	0,51
15 kg P/ha+0 kg K/ha	0,42	0,56	0,54	0,56	0,52
15 kg P/ha+80 kg K/ha	0,42	0,53	0,53	0,55	0,51
15 kg P/ha+160 kg K/ha	0,42	0,52	0,54	0,59	0,52
0 kg P/ha+40 kg K/ha	0,42	0,51	0,54	0,58	0,51
15 kg P/ha+40 kg K/ha	0,43	0,51	0,55	0,59	0,52
30 kg P/ha+40 kg K/ha	0,43	0,57	0,55	0,59	0,54
60 kg P/ha+40 kg K/ha	0,43	0,54	0,55	0,58	0,53
Mittelwert	0,42	0,54	0,54	0,57	0,52

Tab. 11A: Stickstoffgehalte (% in TM) im Stroh

Düngung	2005	2006	2007	2008	Mittel
0 kg P/ha+0 kg K/ha	0,5	0,6	0,7	0,7	0,6
15 kg P/ha+0 kg K/ha	0,5	0,5	0,7	0,7	0,6
15 kg P/ha+80 kg K/ha	0,5	0,6	0,6	0,8	0,6
15 kg P/ha+160 kg K/ha	0,5	0,5	0,6	0,8	0,6
0 kg P/ha+40 kg K/ha	0,5	0,5	0,7	0,7	0,6
15 kg P/ha+40 kg K/ha	0,5	0,5	0,7	0,8	0,6
30 kg P/ha+40 kg K/ha	0,5	0,5	0,7	0,7	0,6
60 kg P/ha+40 kg K/ha	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6
Mittelwert	0,5	0,5	0,7	0,7	0,6

Tab. 12A: Phosphorgehalte (% in TM) im Stroh

Düngung	2005	2006	2007	2008	Mittel
0 kg P/ha+0 kg K/ha	0,11	0,17		0,13	0,14
15 kg P/ha+0 kg K/ha	0,09	0,14		0,13	0,12
15 kg P/ha+80 kg K/ha	0,08	0,12		0,11	0,10
15 kg P/ha+160 kg K/ha	0,08	0,13		0,14	0,12
0 kg P/ha+40 kg K/ha	0,11	0,15		0,14	0,13
15 kg P/ha+40 kg K/ha	0,08	0,14		0,15	0,12
30 kg P/ha+40 kg K/ha	0,08	0,14		0,14	0,12
60 kg P/ha+40 kg K/ha	0,10	0,14		0,15	0,13
Mittelwert	0,09	0,14		0,14	0,12

Tab. 13A: Kaliumgehalte (% in TM) im Stroh

Düngung	2005	2006	2007	2008	Mittel
0 kg P/ha+0 kg K/ha	0,96	1,27		1,70	1,31
15 kg P/ha+0 kg K/ha	0,96	1,27		1,84	1,36
15 kg P/ha+80 kg K/ha	1,07	1,56		1,82	1,48
15 kg P/ha+160 kg K/ha	1,02	1,73		1,57	1,44
0 kg P/ha+40 kg K/ha	1,06	1,48		1,99	1,51
15 kg P/ha+40 kg K/ha	0,90	1,43		1,82	1,38
30 kg P/ha+40 kg K/ha	0,90	1,44		1,64	1,33
60 kg P/ha+40 kg K/ha	0,98	1,39		1,88	1,42
Mittelwert	0,98	1,45		1,78	1,40

Tab. 14A: Stickstoffzüge Korn (kg/ha)

Düngung	2005	2006	2007	2008	Mittel
0 kg P/ha+0 kg K/ha	66,7	43,7	62,6	54,0	56,7
15 kg P/ha+0 kg K/ha	68,9	38,6	63,8	53,9	56,3
15 kg P/ha+80 kg K/ha	70,1	46,3	67,2	57,0	60,2
15 kg P/ha+160 kg K/ha	63,0	47,8	67,2	60,3	59,6
0 kg P/ha+40 kg K/ha	69,9	44,9	62,2	56,2	58,3
15 kg P/ha+40 kg K/ha	60,1	45,4	68,8	55,8	57,5
30 kg P/ha+40 kg K/ha	62,9	45,1	68,2	56,2	58,1
60 kg P/ha+40 kg K/ha	63,0	44,6	69,4	58,7	58,9
Mittelwert	65,6	44,6	66,2	56,5	58,2

Tab. 15A: Phosphorentzüge Korn (kg/ha)

Düngung	2005	2006	2007	2008	Mittel
0 kg P/ha+0 kg K/ha	15,2	10,7	14,5	11,9	13,1
15 kg P/ha+0 kg K/ha	14,9	9,8	15,6	12,2	13,1
15 kg P/ha+80 kg K/ha	14,4	11,0	15,2	12,9	13,4
15 kg P/ha+160 kg K/ha	14,1	12,1	14,9	13,9	13,7
0 kg P/ha+40 kg K/ha	15,1	11,1	14,7	11,8	13,2
15 kg P/ha+40 kg K/ha	13,4	13,0	16,6	12,0	13,8
30 kg P/ha+40 kg K/ha	14,8	12,1	16,2	12,1	13,8
60 kg P/ha+40 kg K/ha	14,5	10,6	16,4	12,6	13,5
Mittelwert	14,6	11,3	15,5	12,4	13,4

Tab. 16A: Kaliumentzüge Korn (kg/ha)

Düngung	2005	2006	2007	2008	Mittel
0 kg P/ha+0 kg K/ha	15,6	14,8	18,1	14,6	15,8
15 kg P/ha+0 kg K/ha	16,1	14,4	19,2	15,9	16,4
15 kg P/ha+80 kg K/ha	16,4	15,3	18,8	16,5	16,7
15 kg P/ha+160 kg K/ha	15,6	16,6	19,1	17,8	17,3
0 kg P/ha+40 kg K/ha	16,3	15,3	17,7	16,3	16,4
15 kg P/ha+40 kg K/ha	15,2	15,4	19,9	16,5	16,7
30 kg P/ha+40 kg K/ha	15,9	16,1	19,7	15,8	16,9
60 kg P/ha+40 kg K/ha	15,9	15,1	20,1	17,1	17,0
Mittelwert	15,9	15,4	19,1	16,3	16,6

Tab. 17A: Stickstoffentzüge Stroh (kg/ha)

Düngung	2005	2006	2007	2008	Mittel
0 kg P/ha+0 kg K/ha	17,5	14,1	24,6	12,0	17,0
15 kg P/ha+0 kg K/ha	18,1	11,5	25,0	11,8	16,6
15 kg P/ha+80 kg K/ha	17,9	14,8	20,9	14,7	17,1
15 kg P/ha+160 kg K/ha	17,6	13,2	20,4	17,6	17,2
0 kg P/ha+40 kg K/ha	19,4	13,1	23,7	12,5	17,2
15 kg P/ha+40 kg K/ha	16,2	13,1	25,4	16,5	17,8
30 kg P/ha+40 kg K/ha	17,8	12,1	24,3	13,4	16,9
60 kg P/ha+40 kg K/ha	17,6	13,4	22,3	9,8	15,8
Mittelwert	17,7	13,1	23,3	13,5	16,9

Tab. 18A: Phosphorentzüge Stroh (kg/ha)

Düngung	2005	2006	2007	2008	Mittel
0 kg P/ha+0 kg K/ha	3,8	4,0		2,2	3,3
15 kg P/ha+0 kg K/ha	3,3	3,2		2,2	2,9
15 kg P/ha+80 kg K/ha	2,9	3,0		2,0	2,6
15 kg P/ha+160 kg K/ha	2,8	3,5		3,1	3,1
0 kg P/ha+40 kg K/ha	4,3	3,9		2,5	3,6
15 kg P/ha+40 kg K/ha	2,6	3,7		3,1	3,1
30 kg P/ha+40 kg K/ha	2,9	3,4		2,7	3,0
60 kg P/ha+40 kg K/ha	3,5	3,2		2,1	2,9
Mittelwert	3,2	3,5		2,5	3,1

Tab. 19A: Kaliumentzüge Stroh (kg/ha)

Düngung	2005	2006	2007	2008	Mittel
0 kg P/ha+0 kg K/ha	33,5	29,8		29,1	30,8
15 kg P/ha+0 kg K/ha	34,8	29,0		31,1	31,6
15 kg P/ha+80 kg K/ha	38,2	38,6		33,5	36,8
15 kg P/ha+160 kg K/ha	35,7	45,7		34,4	38,6
0 kg P/ha+40 kg K/ha	41,1	38,5		35,4	38,3
15 kg P/ha+40 kg K/ha	29,1	37,2		37,7	34,7
30 kg P/ha+40 kg K/ha	32,0	34,9		31,3	32,7
60 kg P/ha+40 kg K/ha	34,5	31,0		26,3	30,6
Mittelwert	34,9	35,6		32,3	34,3

Tab. 20A: Kaliumgehalte im Boden zu Versuchsbeginn (K₂O mg/100 g Boden)

Düngung	2005	2006	2007	2008	Mittel
0 kg P/ha+0 kg K/ha	15	9	15	18	14
15 kg P/ha+0 kg K/ha	15	9	14	17	14
15 kg P/ha+80 kg K/ha	13	7	14	18	13
15 kg P/ha+160 kg K/ha	12	8	14	18	13
0 kg P/ha+40 kg K/ha	16	9	13	17	14
15 kg P/ha+40 kg K/ha	12	9	16	19	14
30 kg P/ha+40 kg K/ha	14	8	13	18	13
60 kg P/ha+40 kg K/ha	14	8	12	20	14
Mittelwert	14	8	14	18	14

Tab. 21A: Kaliumgehalte im Boden zu Versuchsende (K₂O mg/100 g Boden)

Düngung	2005	2006	2007	2008	Mittel
0 kg P/ha+0 kg K/ha	15	9	15	18	14
15 kg P/ha+0 kg K/ha	15	9	14	17	14
15 kg P/ha+80 kg K/ha	13	7	14	18	13
15 kg P/ha+160 kg K/ha	12	8	14	18	13
0 kg P/ha+40 kg K/ha	16	9	13	17	14
15 kg P/ha+40 kg K/ha	12	9	16	19	14
30 kg P/ha+40 kg K/ha	14	8	13	18	13
60 kg P/ha+40 kg K/ha	14	8	12	20	14
Mittelwert	14	6	13	17	13

Tab. 22A: Phosphorgehalte im Boden zu Versuchsbeginn (P₂O₅ mg/100 g Boden)

Düngung	2005	2006	2007	2008	Mittel
0 kg P/ha+0 kg K/ha	21	18	31	20	23
15 kg P/ha+0 kg K/ha	20	19	37	22	25
15 kg P/ha+80 kg K/ha	20	19	35	22	24
15 kg P/ha+160 kg K/ha	20	19	32	21	23
0 kg P/ha+40 kg K/ha	20	21	30	20	23
15 kg P/ha+40 kg K/ha	21	17	32	21	23
30 kg P/ha+40 kg K/ha	21	18	34	22	24
60 kg P/ha+40 kg K/ha	21	19	34	22	24
Mittelwert	21	19	33	21	23

Tab. 23A: Phosphorgehalte im Boden zu Versuchsende (P₂O₅ mg/100 g Boden)

Düngung	2005	2006	2007	2008	Mittel
0 kg P/ha+0 kg K/ha	19	14	29	17	20
15 kg P/ha+0 kg K/ha	19	17	34	17	22
15 kg P/ha+80 kg K/ha	19	16	30	18	21
15 kg P/ha+160 kg K/ha	20	16	31	19	22
0 kg P/ha+40 kg K/ha	21	16	29	19	21
15 kg P/ha+40 kg K/ha	21	18	32	18	22
30 kg P/ha+40 kg K/ha	21	16	33	19	22
60 kg P/ha+40 kg K/ha	21	17	33	20	23
Mittelwert	20	16	31	18	22

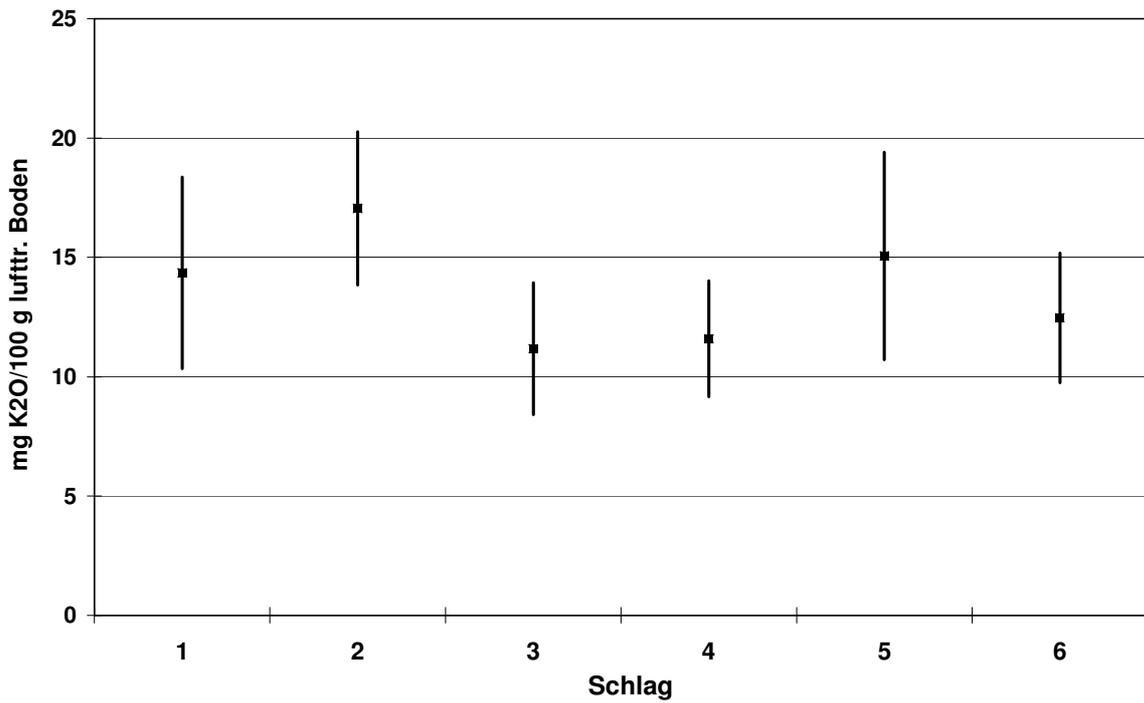


Abb. 1A: K₂O-Bodengehalte im Mittel der Jahre (Standort Gülzow 1993-2009)

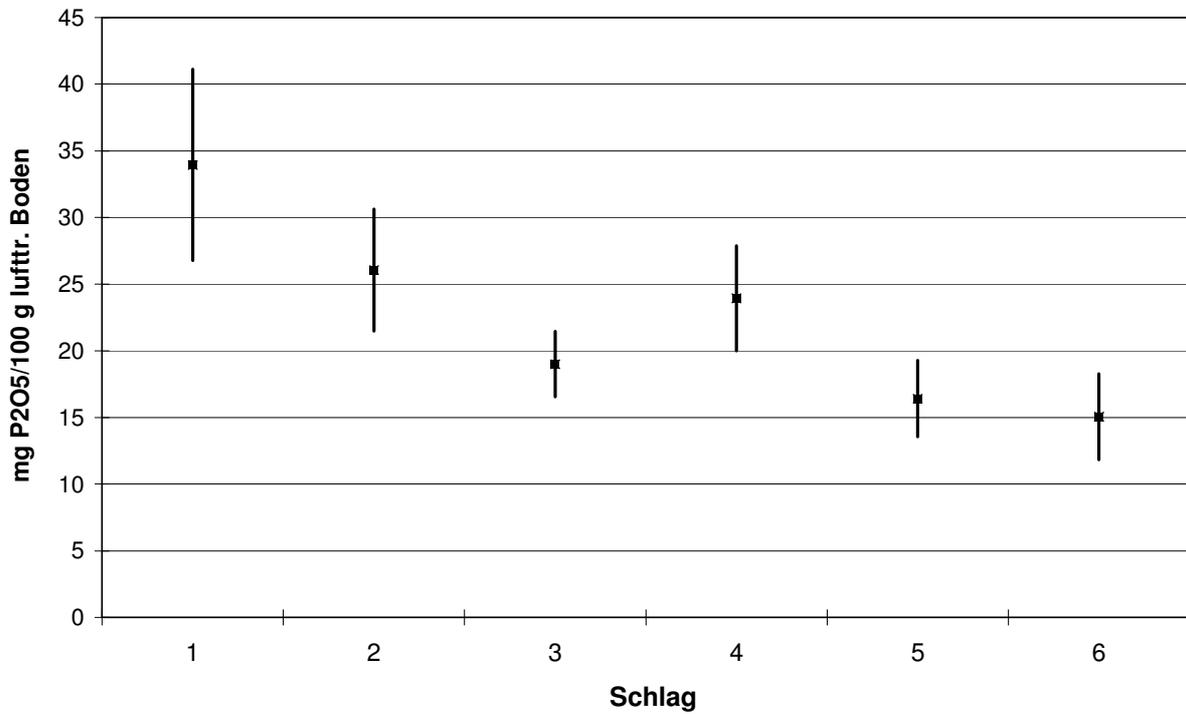


Abb. 2A: P₂O₅-Bodengehalte im Mittel der Jahre (Standort Gülzow 1993-2009)

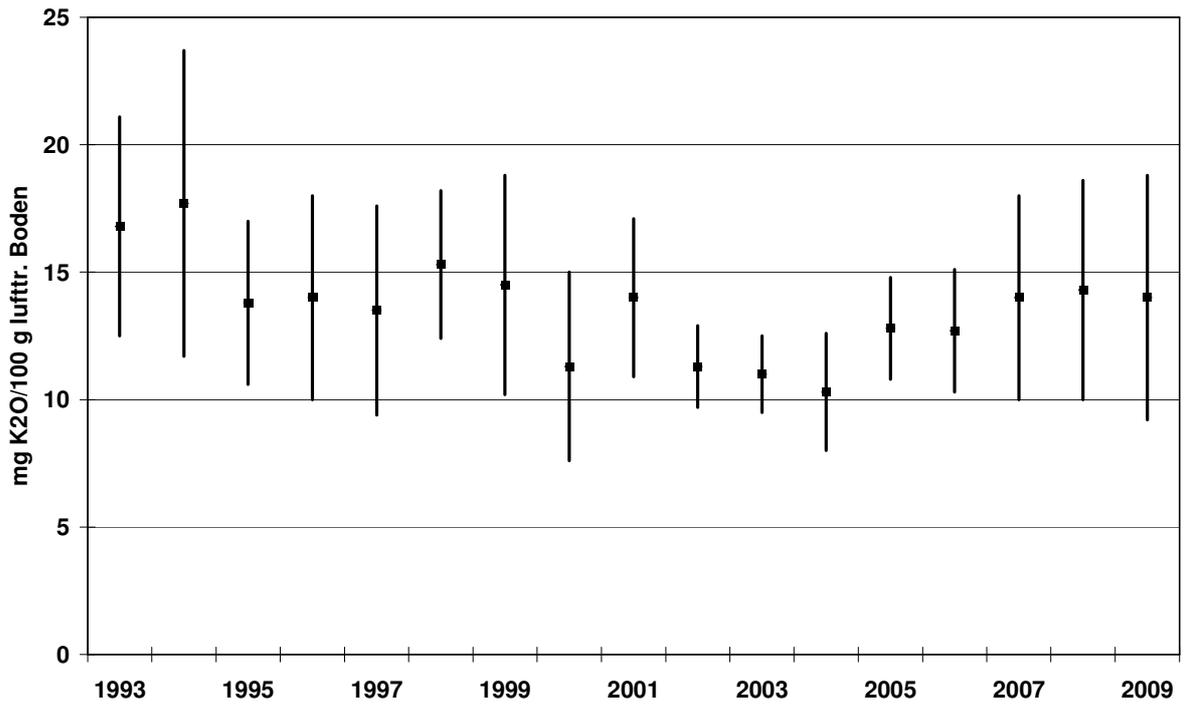


Abb. 3A: K₂O-Bodengehalte im Mittel der Fruchtfolge (Standort Gülzow)

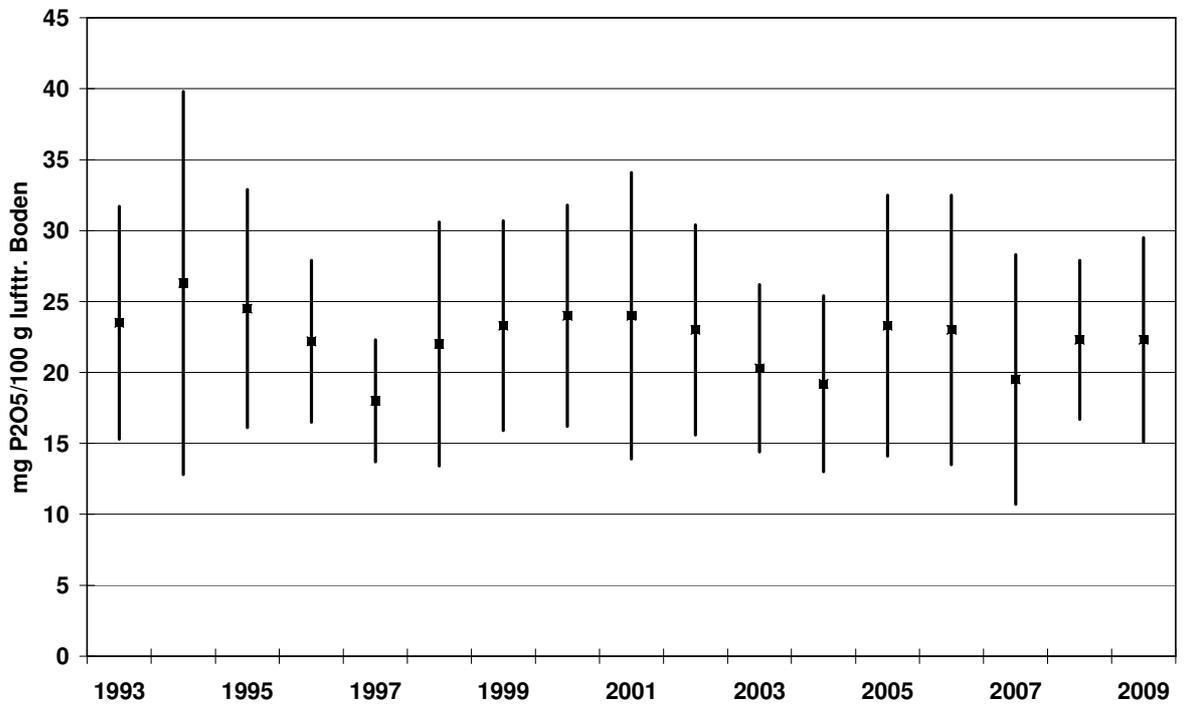


Abb. 4A: P₂O₅-Bodengehalte im Mittel der Fruchtfolge (Standort Gülzow)