Abschlussbericht

Mecklenburg Vorpommern
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei

Auswirkungen einer langjährigen ökologischen Bewirtschaftung auf acker- und pflanzenbauliche sowie umweltrelevante Parameter am Standort Gülzow

Forschungs-Nr.: **4/02**

Laufzeit: **2005-2012**

verantw. Themenbearbeiterin: **Dr. Harriet Gruber**

Beteiligte Einrichtungen: **-**

11.06.2013

_____
Themenbearbeiter

_____
Institutsleiter

Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft

Dorfplatz 1/OT Gülzow
18276 Gülzow-Prüzen
www.lfamv.de

GLIEDERUNG Seite

1	Einleitung	2
2	Material und Methode	2
2.1	Standortbeschreibung	2
2.2	Bewirtschaftung	3
2.3	Bonituren und Messungen	4
3	Ergebnisse und Diskussion	5
3.1	Ertragsentwicklung	5
3.1.1	Fruchtfolgeerträge	5
3.1.2	Erträge der Fruchtarten	7
3.1.3	Ertragsschwankungen	13
3.1.4	Ertragsleistung der Schläge	13
3.1.5	Möglichkeiten der Ertragssteigerung	15
3.2	Nährstoffbilanzen	15
3.3	Entwicklung von Grundnährstoffgehalten und pH-Wert im Boden	17
3.4	Nitratgehalte im Boden	23
3.5	Humusbilanz	24
3.6	Energiebilanz	27
3.7	Klimabilanz	28
4	Schlussfolgerungen	32

Tabellenverzeichnis **Seite**

Tab. 1:	Nährstoffversorgung (Stand 2012)	2
Tab. 2:	Fruchtfolge Ökofeld Gülzow	3
Tab. 3:	Ertrag* von Wintergetreide nach verschiedenen Vorfrüchten (Ökofeld Gülzow, MW 2008-12)	6
Tab. 4.	Ertragsvergleich (dt/ha) bei ausgewählten Fruchtarten 2007-2012	12
Tab. 5:	Schlagleistung (Rangierung) in Abhängigkeit verschiedener Betrachtungszeiträume	14
Tab. 6:	Nährstoffgehalte im Erntegut (% i. TM, Öko-Fruchtfolge Gülzow) mehrjährig	15
Tab. 7:	Nährstoffgehalte im Stalldung (% i. FM, Öko-Fruchtfolge Gülzow) mehrjährig	15
Tab. 8:	Nährstoffbilanzen (1999-2010) in der Fruchtfolge am Standort Gülzow (nach erweitertem REPRO- Bilanzierungsansatz)	16
Tab. 9:	Humusbilanzen (1999-2010) in der Fruchtfolge am Standort Gülzow (nach erweitertem REPRO- Bilanzierungsansatz)	25
Tab. 10:	Energiebilanzen (1999-2010) in der Fruchtfolge am Standort Gülzow (nach erweitertem REPRO- Bilanzierungsansatz) im Vergleich zu Öko-Betrieben in Deutschland	28
Tab. 11:	Klimabilanzen (1999-2010) in der Fruchtfolge am Standort Gülzow (nach erweitertem REPRO- Bilanzierungsansatz)	29

Abbildungsverzeichnis **Seite**

Abb. 1: Niederschlagsmengen und Temperaturen am Standort Gülzow (30 jähriges Mittel) 3
Abb. 2: Entwicklung der GE-Erträge in Abhängigkeit von der Fruchtfolge (Ökofeld Gülzow) 5
Abb. 3: GE-Erträge in dt/ha (Mittel ± Standardabweichung) im Mittel der Fruchtfolge mit Kartoffeln (Ökofeld Gülzow) 6
Abb. 4: GE- Erträge in dt/ha (Mittel ± Standardabweichung) im Mittel der Fruchtfolge mit Blauen Lupinen (Ökofeld Gülzow) 7
Abb. 5: Trockenmasseertrag von Kleegras in dt/ha im Hauptnutzungsjahr (Ökofeld Gülzow) 8
Abb. 6: Zusammenhang zwischen Ertrag der Vorfrucht Kleegras und der Nachfrucht Getreide (Ökofeld Gülzow, 1999-2012) 8
Abb. 7: Kornertrag von Körnerleguminosen in dt/ha (Ökofeld Gülzow) 9
Abb. 8: Gesamtertrag von Kartoffeln in dt/ha (Ökofeld Gülzow) 10
Abb. 9: Kornertrag von Wintergetreide in dt/ha nach den Vorfrüchten Getreide und Kartoffeln in dt/ha (Ökofeld Gülzow) 11
Abb. 10: Kornertrag von Wintergetreide nach den Vorfrüchten Körnerleguminosen und Kleegras in dt/ha (Ökofeld Gülzow) 11
Abb. 11 Kornertrag von Sommergerste nach Kleegras in dt/ha (Ökofeld Gülzow) 12
Abb. 12: GE-Erträge Mittelwert und Standardabweichung (+/-) in dt/ha (Ökofeld Gülzow) 13
Abb. 13: Ertragsleistung der Schläge und Rangierung in Abhängigkeit der Betrachtungszeiträume (Ökofeld Gülzow) 14
Abb. 14: Bilanzsalden (Ökofeld Gülzow) 17
Abb. 15: Entwicklung der Grundnährstoffgehalte im Boden (Ökofeld Gülzow, 0-30 cm) 17
Abb. 16: Schlageffekte (Mittelwert +/- Standardabweichung) der Phosphorgehalte im Boden (0-30 cm) in Abhängigkeit vom Jahr (Ökofeld Gülzow) 18
Abb. 17: Jahreseffekte (Mittelwert +/- Standardabweichung) der Phosphorgehalte im Boden (0-30 cm) in Abhängigkeit vom Schlag (Ökofeld Gülzow) 18
Abb. 18: Schlageffekte (Mittelwert +/- Standardabweichung) der Kaliumgehalte im Boden (0-30 cm) in Abhängigkeit vom Jahr (Ökofeld Gülzow) 19
Abb. 19: Jahreseffekte (Mittelwert +/- Standardabweichung) der Kaliumgehalte im Boden (0-30 cm) in Abhängigkeit vom Schlag (Ökofeld Gülzow) 20
Abb. 20: Schlageffekte (Mittelwert +/- Standardabweichung) der Magnesiumgehalte im Boden (0-30 cm) in Abhängigkeit vom Jahr (Ökofeld Gülzow) 21
Abb. 21: Jahreseffekte (Mittelwert +/- Standardabweichung) der Magnesiumgehalte im Boden (0-30 cm) in Abhängigkeit vom Schlag (Ökofeld Gülzow) 21
Abb. 22: Schlageffekte (Mittelwert +/- Standardabweichung) der pH-Werte im Boden (0-30 cm) in Abhängigkeit vom Jahr (Ökofeld Gülzow) 22
Abb. 23: Jahreseffekte (Mittelwert +/- Standardabweichung) der pH-Werte im Boden (0-30 cm) in Abhängigkeit vom Schlag (Ökofeld Gülzow) 22
Abb. 24: Mittelwert und Standardabweichung der NO3-N-Gehalte im Boden (0-90 cm) zu Vegetationsende im Herbst (Ökofeld Gülzow) 23
Abb. 25: Mittelwert und Standardabweichung der NO3-N-Gehalte im Boden (0-90 cm) zu Vegetationsbeginn im Frühjahr (Ökofeld Gülzow) 24
Abb. 26: Entwicklung der Ct- und Nt-Gehalte im Boden in der Fruchtfolge (Ökofeld Gülzow) 25
Abb. 27: Mittelwert und Standardabweichung der Ct-Gehalte im Boden in der Fruchtfolge (Ökofeld Gülzow) 26

Abb. 28: Mittelwert und Standardabweichung der N_t-Gehalte im Boden in der Fruchtfolge (Ökofeld Gülzow) 26
Abb. 29: Beziehung zwischen C_t und N_t-Gehalten im Boden (Öko-Feld Gülzow) 27
Abb. 30: Beziehung zwischen dem Energieinput (Einsatz fossiler Energie im Produktionsverfahren) und dem Nettoenergieoutput im Pflanzenertrag (Hülsbergen & Schmid et al. 2013) 28
Abb. 31: Klimabilanz Öko-Feld Gülzow in Abhängigkeit vom Jahr 30
Abb. 32: Beziehung zwischen der C-Sequestrierung (C-Bindung im Humus) und den produktbezogenen Treibhausgasemissionen im Pflanzenbau (Hülsbergen & Schmid et al. 2013) 31

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
ha	Hektar
dt	Dezitonne
AZ	Ackerzahl
GE	Getreideeinheiten
MW	Mittelwert
VF	Vorfrucht
FM	Frischmasse
HE	Humuseinheiten
THG	Treibhausgase
Ct	Kohlenstoff total
Nt	Stickstoff total
Smin	Bodengehalt an pflanzenverfügbarem Schwefel
Nmin	Bodengehalt an pflanzenverfügbarem Stickstoff
äqu	äquivalent
HaGe	Handelsgenossenschaft
LfL	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
kg	Kilogramm
REPRO	Bilanzierungsmodell
INL Halle	Institut für Nachhaltige Landbewirtschaftung
TUM	Technische Universität München
OEL-vTI	Öko-Landbau – von Thünen Institut
vTI	von Thünen Institut
N	Stickstoff
P	Phosphor
K	Kalium
mg	Milligramm

Zusammenfassung

Die in der dritten Rotation befindliche Fruchtfolge am Standort Gülzow wurde seit 1992 ökologisch bewirtschaftet. Die Fruchtfolge hat sich geringfügig verändert und umfasst in der dritten Rotation 30 bzw. 50 % Leguminosen, 50 % Blattfrüchte und wurde wie ein viehhaltender Betrieb mit 0,6 - 0,8 GV/ha bewirtschaftet. Während des Beobachtungszeitraumes wurden jährlich Erträge und Inhaltsstoffe der Fruchtarten ermittelt und Nährstoffgehalte im Boden bestimmt. Neben den erhobenen Daten wurden alle Bewirtschaftungsmaßnahmen erfasst und in die seit 1999 mit dem Bilanzierungsprogramm berechneten Nährstoff-, Humus-, Energie- und Klimabilanzen einbezogen.

Im Ergebnis der Auswertung ergab sich ein Ertrag in Höhe von 32 GE dt/ha in der Fruchtfolge mit Körnerleguminosen in der Fruchtfolge bzw. von 38,4 GE dt/ha in der Fruchtfolge mit Kartoffeln. Trotz der geringeren Erträge mit Körnerleguminosen waren die jährlichen Ertragsschwankungen geringer als in der Fruchtfolge mit Kartoffeln.

Bei den einzelnen Fruchtarten waren in der drittel Rotation nur bei Sommergerste und Kartoffeln Ertragssteigerungen zu verzeichnen, die aber nicht gesichert sind. Bei Körnerleguminosen und Kleegras blieben die Erträge auf dem Niveau der Vorjahre, ungeachtet der hohen Ertragsschwankungen. Bei Wintergetreide wurden in der letzten Rotation etwa 44 dt/ha erreicht, wobei die Erträge nach den nicht legumen Vorfrüchten geringer waren als die nach Leguminosen. Ein Vergleich mit denen am Standort und im Anbaugebiet I, Sandböden Nordost, aus Versuchen gewonnenen Erträgen zeigte eine gute Übereinstimmung. Die höchsten Ertragsschwankungen traten bei Kleegras und Kartoffeln auf, die geringsten beim Getreide. Bei den einbezogenen Schlägen kam es in der dritten Rotation zu einer leichten Verschiebung in der Leistungsbewertung.

Die mit dem erweiterten Bilanzierungsmodell REPRO berechneten Nährstoffbilanzen weisen weitestgehend Ausgeglichenheit auf und bestätigen die in der Vergangenheit gewonnenen Ergebnisse. Die Effizienz der Nährstoffverwertung liegt zwischen 70 und 90 %. In der Folge bewegen sich die Nährstoffgehalte im Boden trotz unterlassener Düngung auf dem Niveau der Vorjahre und weisen eine gute Versorgung im Bereich der Gehaltsklassen C und D aus. Davon ausgenommen ist die Entwicklung der pH-Werte, die in den letzten Jahren kontinuierlich bei zunehmender Differenzierung zwischen den Schlägen abnahmen. Eine Betrachtung der Nitratgehalte im Herbst weist starke Unterschiede zwischen den Kulturen und ihrer Bewirtschaftung auf. Im Frühjahr waren diese Unterschiede nicht mehr nachweisbar, was ein Indiz für Auswaschung ist. Die Nitratgehalte im Frühjahr nahmen darüber hinaus kontinuierlich ab und lagen im Mittel der letzten drei Jahre bei 25 kg/ha in einer Tiefe von 0-90 cm. Die Betrachtung umweltrelevanter Parameter umfasst die Humus-, Energie- und Klimabilanz, die mit Hilfe des Bilanzierungsmodells REPRO erarbeitet wurden. Die Humusbilanz weist für das Öko-Feld einen Versorgungsgrad von 145 % aus. Diese sehr positive Entwicklung spiegelt sich auch im Anstieg der Ct- und Nt-Gehalte im Boden wieder, die beim Ct-Gehalt auch gesichert waren. Zwischen diesen beiden Parametern konnte ein sehr enger Zusammenhang nachgewiesen werden. Die Energiebilanz weist für den hier unterstellten Betrachtungszeitraum eine Energieintensität im mittleren Bereich aus. Ein Vergleich mit der Effizienz anderer ökologisch wirtschaftender Betrieben ergab eine Einordnung des Versuchsfeldes im unteren Drittel der untersuchten Betriebe. Die Klimabilanz profitiert in hohem Maße von der guten Humusversorgung und stellt sich für das Öko-Feld äußerst günstig dar. Je Getreideeinheit wurden 17,43 CO2-äqu berechnet, was sich im Vergleich mit anderen Betrieben positiv ausnimmt.

Die Bewertung der Fruchtfolge bietet eine weitere Grundlage, um den Öko-Landbau bezüglich seiner Langzeiteffekte unter vergleichbaren Bedingungen zu beurteilen.

1 Einleitung

Langzeitbeobachtungen sind gerade für den Öko-Landbau von Interesse, da insbesondere diese Wirtschaftsweise Handlungsfelder integriert, deren Auswirkungen erst nach mehreren Jahren sichtbar werden. Diese Tatsache bezieht sich vor allen Dingen auf alle Abläufe im Boden. Nährstoff- und Humusversorgung sind langfristige Prozesse, die bei ihrer Entwicklung sowohl in die eine als auch in die andere Richtung weitreichende Konsequenzen nach sich ziehen.

Auf der am Standort Gülzow seit 1992 ökologisch bewirtschafteten Fläche ist die dritte Rotation. bereits abgeschlossen. Während in den Auswertungen der ersten zwei Rotationen neben Entwicklungen in der Öko-Fruchtfolge auch der Vergleich mit einer konventionell bewirtschafteten Fruchtfolge vorgenommen wurde, bezieht sich die Auswertung der dritten Rotation ausschließlich auf die ökologische Bewirtschaftung und ihre Auswirkungen. Dabei stehen die Entwicklung der Erträge und Nährstoffgehalte im Boden im Vordergrund der Betrachtungen. Darüber hinaus werden Aspekte der Nachhaltigkeit mit Hilfe von Nährstoff- und Humus- sowie Treibhausgasbilanzen untersucht. Die Ergebnisse der vorangegangenen Jahre haben deutlich die hohen Ertragsschwankungen bei den verschiedenen Fruchtarten gezeigt und auch bei der Bodennährstoffgehalte besonders bei Kalium Entwicklungen aufgezeigt, die Handlungsempfehlungen ermöglichen. Bezüglich der Entwicklung der Humusgehalte konnte ein positiver Trend festgestellt werden, der in erster Linie auf die Gestaltung der Fruchtfolge mit einem hohen Leguminosenanteil zurückzuführen ist.

Die Ergebnisse vergangener Auswertungen wurden in Vorträgen und Veröffentlichungen, sowie im Internet präsentiert und so den Landwirten und Beratern sowie anderen Entscheidungsträgern zugänglich gemacht.

2 Material und Methode

2.1 Standortbeschreibung

Der Versuchsstandort ist ein anlehmiger Sand mit durchweg günstiger Grundwasserbeeinflussung. Die unterschiedliche Körnungsstruktur mit hohem Feinsandanteil sorgt häufig für Dichtlagerung und Verschlämmung der Böden. Die Nährstoffversorgung (Tab. 1) ist vergleichsweise gut. Im Jahr 2000 erfolgte die letzte Kalkdüngung und 1998 die letzte PK-Gabe. Neuere Untersuchungen ergaben, dass der S_{min}-Gehalt der Flächen gering ist.

Tab. 1: Nährstoffversorgung (Stand 2012)

Bodenart/AZ	S-SL/ 25-44
pH-Wert	6,1 (5,6-6,6)
K_2O (mg/100 g Boden)	11,2 (8,6-13,8)
P_2O_5 (mg/100 g Boden)	20,3 (14,9-25,7)
Mg (mg/100 g Boden)	10 (7,5-12,5)
N_t-Gehalt	0,09 (0,08-0,12)
C_t-Gehalt	1,02 (0,8-1,3)

Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt am Standort Gülzow bei 8,6°C, die mittlere jährliche Niederschlagsmenge bei 569 mm (30-jähriges Mittel). Der meiste Niederschlag fällt im Sommer, in den Monaten Juni, Juli und August (Abb. 1).

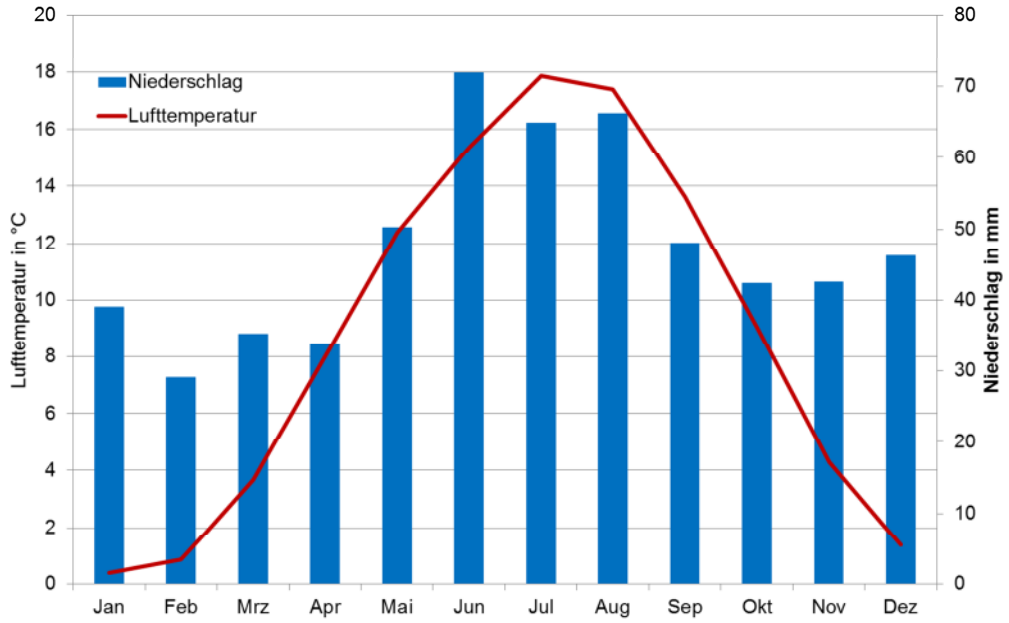


Abb. 1: Niederschlagsmengen und Temperaturen am Standort Gülzow (30 jähriges Mittel)

2.2 Bewirtschaftung

Die Erhebungen wurden in der am Standort etablierten Fruchtfolge ohne Wiederholungen durchgeführt. In der dritten Rotation betrug der Kleegrasanteil 33 %, teilweise wurden die Fruchtfolgefelder geteilt. Die Fruchtfolge besteht aus 50 % Blattfrüchten und 50 % Halmfrüchten (Tab. 2).

Tab. 2: Fruchtfolge Ökofeld Gülzow

Feld	**1993-1998** Rotation 1	**1999-2004** Rotation 2	**2005-2012** Rotation 3/4	
1	Kleegras (ZF*)	Kleegras	Kleegras FBS	
2	Kartoffeln (Dung)	Wintergetreide (Dung, ZF)	Kleegras HNJ	
3	So.-getreide (ZF)	Kartoffeln	So.-getreide (Dung)	Wintergetreide (Dung)
4	Körnerleguminosen	Körnerleguminosen	Wintergetreide (ZF)	
5	Wintergetreide (Dung)	Wintergetreide (Dung)	Kartoffeln (Dung)	Körnerleguminosen (Dung)
6	Hafer + US	Hafer + US	Wintergetreide	

* Angaben in den Klammern gelten im Anschluss an die Hauptkultur, US=Untersaat, ZF=Zwischenfrucht, FBS=Frühjahrsblanksaat, HNJ=Hauptnutzungsjahr

Die Bewirtschaftung erfolgte wie in einem Gemischtbetrieb mit 0,6-0,8 GV/ha, Dung wurde aus einem Öko-Betrieb zugekauft, Stroh und Kleegras in der Regel abgefahren.

- Kleegras wurde im März nach einer Winterfurche in Frühjahrsblanksaat etabliert. Als Pflegemaßnahme wurde der junge Bestand 1 bis 2 Mal gemulcht (Feld 1). Während der Hauptnutzungszeit im 2. Standjahr wurden in Abhängigkeit von der Witterung 2-3 Schnitte geerntet.
- Zu Wintergetreide wurde das Kleegras Anfang September umgebrochen (Grubber) und nach zwei Tagen Vorrotte gepflügt, die Aussaat des Wintergetreides erfolgte Ende September. Zum Sommergetreide wurde der Umbruch im Frühjahr vorgenommen und die Pflugfurche und Aussaat sehr zeitnah durchgeführt (Feld 3).

- Nach der Getreideernte wurde im September Dung gestreut, eingearbeitet und bis Mitte September gepflügt. Die Aussaat des Wintergetreides erfolgte ortsüblich Ende September (Feld 4).
- Nach der Ernte der Wintergetreidefläche wurde eine Zwischenfrucht ausgedrillt, die zu Körnerleguminosen 100 %ig und zu Kartoffeln 50 %ig abfriert. Im Anschluss wurde im März zu den Körnerleguminosen gepflügt. Zu Kartoffeln erfolgte Pflügen und Pflanzbettvorbereitung erst ab der ersten Aprildekade. Die Pflanzung wurde Ende April vorgenommen (Feld 5).
- Zum Wintergetreide wurde Dung gestreut und Ende September Getreide gedrillt. Im Wintergetreide wurde nach der Ernte intensiv die Stoppel bearbeitet und Anfang November die Winterfurche durchgeführt (Feld 6)

Durch die Teilung der Fruchtfolge ergab sich auf 50 % der Fläche ein Leguminosenanteil (Kleegras und Körnerleguminosen) von 50 %. Auf dem anderen Teil wurden nur 33 % Leguminosen angebaut. Unterschiede ergaben sich durch die Teilung auch im Anteil der Sommerungen (16 bzw. 33 %)

Die im Durchschnitt ausgebrachte Menge an Stalldung je Jahr variierte leicht. Bis 2006 wurden Stalldungmengen in Höhe von 0,8 GV/ha ausgebracht (ca. 80 dt/ha/a), ab 2007 lag die ausgebrachte Stalldungmenge bei etwa 0,6 GV/ha (60 dt/ha/a. In der dritten Rotation wurden jeweils zwei Wintergetreideschläge mit 180 bzw. 250 dt/ha versorgt. Grunddünger wurde in der dritten Rotation nicht gestreut. Die letzte PK-Düngung erfolgte 1998, und die letzte Kalkung im Jahr 2000.

2.3 Bonituren und Messungen

Die Ertragsermittlung bei den Mähdruschfrüchten erfolgte in 4- bis 6-facher Wiederholung durch Kerndrusch mit dem Parzellenmähdrescher (Arbeitsbreite 1,50 Meter). Die Länge der Parzelle wurde mit dem Maßband ermittelt. Die weitere Aufbereitung der Rohware erfolgte standardmäßig. Eine Ertragsermittlung bei den Koppelprodukten fand nur dann statt, wenn das Produkt abgefahren wurde. Bei Kleegras wurde nach der Mahd eine Ertragsbestimmung in mindestens 6- facher Wiederholung vorgenommen. Ab der dritten Rotation war das Fruchtfolgefeld 2 und 5 vollständig mit Versuchen belegt, so dass hier Erträge aus den Sortenversuchen herangezogen wurden.

Die Nährstoffanalysen in organischen Düngern und in den Ernteprodukten erfolgten nach den im Anhang (Tab. A 1) aufgeführten Methoden. Die Ergebnisse dienten in erster Linie der Erstellung von Nährstoffbilanzen durch das Programm REPRO. Sofern es für die Bewertung der Ergebnisse erforderlich ist, wird das weitere methodische Herangehen in den einzelnen Abschnitten beschrieben.

Jährlich wurden Nährstoffuntersuchungen am Boden durchgeführt. Die Stickstoffgehalte (NO_3, NH_4) im Boden wurden in einer Tiefe von 0 bis 90 cm zu Vegetationsende und Vegetationsbeginn bestimmt. Die Grundnährstoffbestimmung und die Ermittlung der pH-Werte (P, K, Mg, pH-Wert) erfolgten in einer Tiefe von 0 bis 30 cm zu Vegetationsbeginn. Für diese Untersuchungen wurde je Fruchtfolgefeld eine Mischprobe aus 8 Einstichen hergestellt. Die Probenahme wurde mit dem Bohrstock vorgenommen. Die Untersuchung der Nährstoffgehalte erfolgte nach denen in Tab. A 1 aufgeführten Methoden. Der Ct- und Nt-Gehalt im Boden wurde mit Ausnahme des Jahres 2008 jährlich zu Vegetationsbeginn in einer Tiefe von 0-30 cm untersucht.

Die Erstellung der Nährstoff-, Energie- und Klimabilanz wurde 2012 durch Herrn Heyer vom Institut für Nachhaltige Landnutzung in Halle mit dem erweiterten REPRO Bilanzierungsansatz vorgenommen. Die Ergebnisse dieser Auswertung zum Öko-Feld in Gülzow wurden mit den Ergebnissen des Projektes „Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme“ (Förderkennnummer 06OE160 (TUM) und 06OE353 (OEL-vTI)) verglichen. Da die Bewirtschaftung des Versuchsfeldes wie ein Milchviehbetrieb erfolgt, wird der Vergleich überwiegend mit diesem Betriebstyp angestellt. Eine detaillierte Beschreibung der Berechnung einzelner Kennzahlen wird nur soweit vorgenommen, wie es zum Verständnis des

Sachverhaltes erforderlich ist. Algorithmen zur Berechnung der Bilanzen sind im Anhang (Abb. A 1-3) angefügt und unter http://www.pilotbetriebe.de/wissenstransfer.php nachlesbar.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Ertragsentwicklung

3.1.1 Fruchtfolgeerträge

Die Bewertung der Fruchtfolgeerträge in Abhängigkeit von der Rotation ergab ein sehr differenziertes Bild. Während in der ersten Rotation ein Durchschnittsertrag von 36,3 dt/ha erreicht wurde, lag dieser in der zweiten Rotation nur noch bei 31,0 dt/ha. In der dritten Rotation (einschließlich der Jahre 2011-12) wurde nicht nur ein etwas höherer Ertrag im Vergleich zur zweiten festgestellt, sondern es zeigte sich insgesamt auch ein positiver Trend im Ertragsverlauf. Auffällig sind darüber hinaus, bei weitestgehend gleichgerichtetem Verlauf, die deutlich höheren GE-Erträge in der Fruchtfolge mit Kartoffeln. Daraus ergibt sich für die 3. Rotation ein höherer Durchschnittsertrag (Abb. 2). Ungeklärt bleibt jedoch, ob die Ursachen des Ertragsanstieges in der Witterung oder in der Ausrichtung der Fruchtfolge begründet sind. Zu bemerken ist außerdem die Tatsache, dass bis 2004 die Ertragsfeststellung von einer dafür extra ausgewiesenen Fläche erfolgte. Ab 2005 wurden für einige Fruchtarten, darunter auch für Kartoffeln und Leguminose, die Erträge für die Fruchtfolge aus den auf der Fläche befindlichen Versuchen entnommen. Bei den Kartoffeln wurden die Erträge der Sorte Agila einbezogen, die zu den ertragreichsten Sorten zählt, bei den Lupinen die Erträge der Sorte Boruta, eine ertragsschwächere Sorte. Auch hier liegt teilweise die geringere Leistung der Fruchtfolge mit Lupinen begründet.

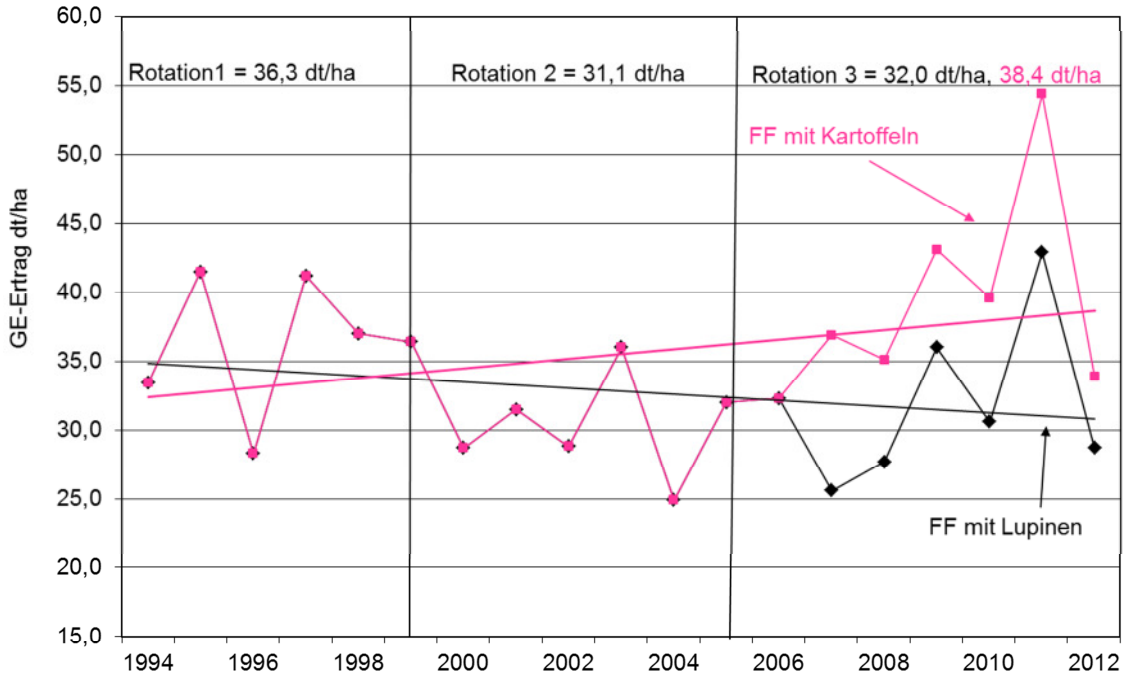


Abb. 2: Entwicklung der GE-Erträge in Abhängigkeit von der Fruchtfolge (Ökofeld Gülzow)

Die Nachfrucht allerdings profitiert von dieser Vorfrucht und wies in der Regel höhere Erträge auf als bei der Vorfrucht Kartoffel (Tab. 3).

Tab. 3: Ertrag* von Wintergetreide nach verschiedenen Vorfrüchten (Ökofeld Gülzow, MW 2008-12)

Vorfrucht	Kornertrag dt/ha	Strohertrag dt/ha
Kartoffeln	37	44
Lupinen	45	55

*Kerndrusch

Die Ertragsschwankungen innerhalb der Fruchtfolge sind stark vom Jahr abhängig, waren aber darüber hinaus in der dritten Rotation in der Fruchtfolge mit Kartoffeln (Abb. 3) deutlich höher als in der Fruchtfolge mit Leguminosen (Abb. 4). Die eingezeichneten Trendlinien geben eine Orientierung, sind jedoch nicht abgesichert.

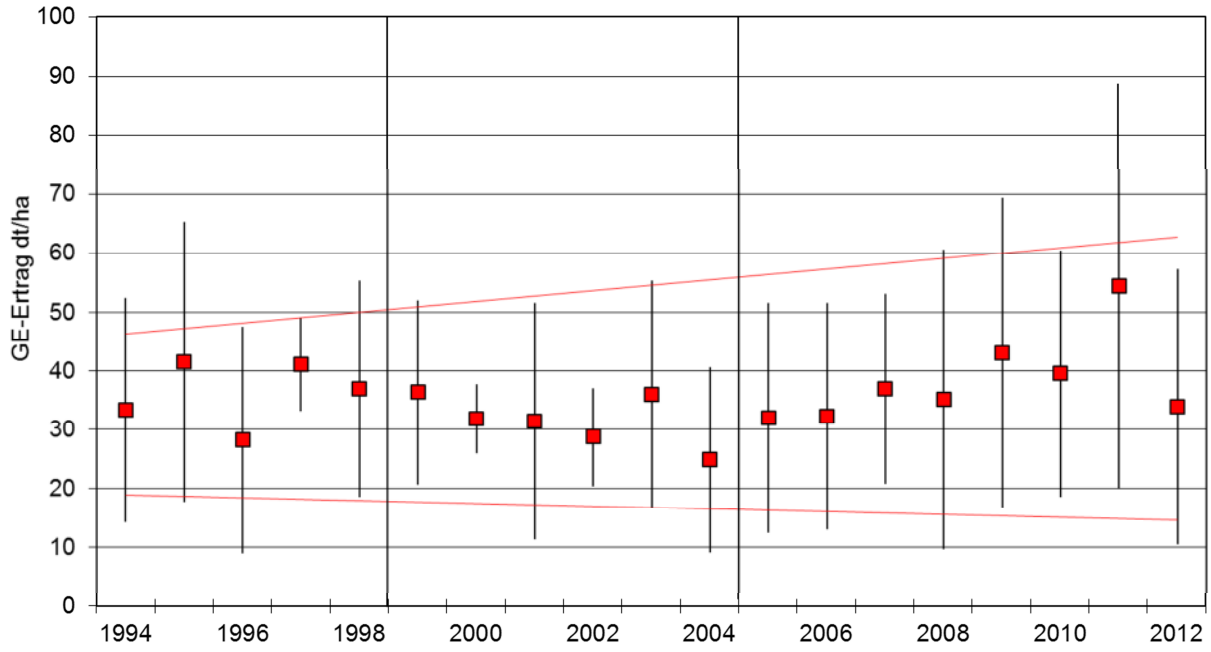


Abb. 3: GE-Erträge in dt/ha (Mittel ± Standardabweichung) im Mittel der Fruchtfolge mit Kartoffeln (Ökofeld Gülzow)

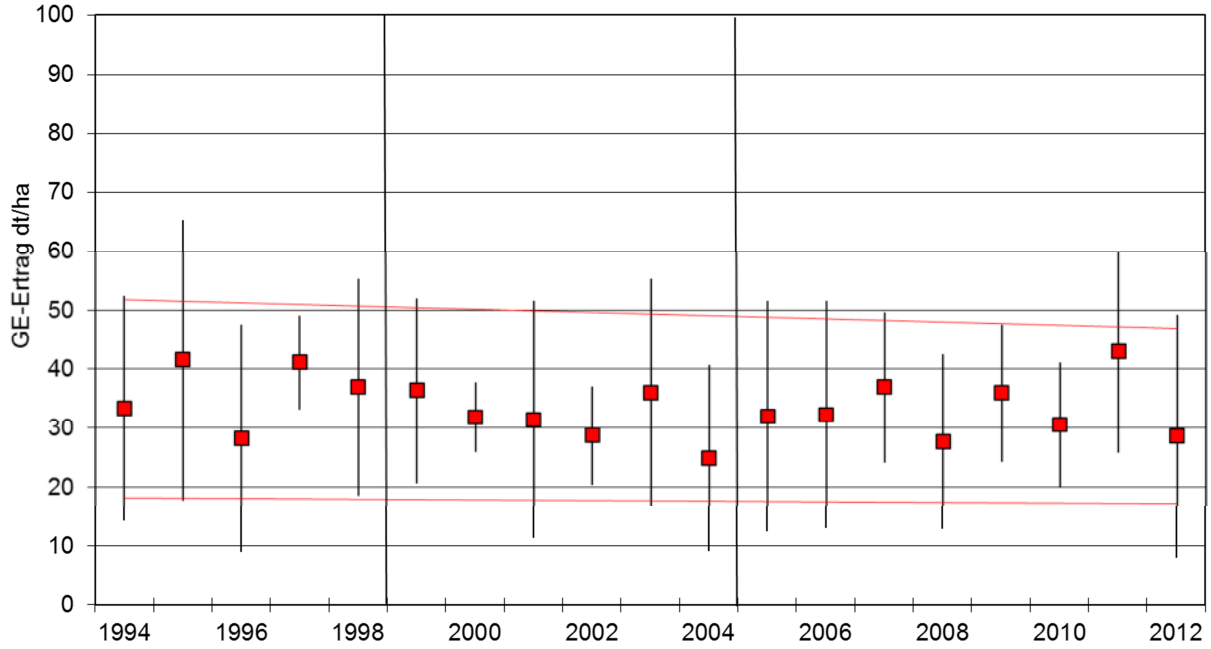


Abb. 4: GE- Erträge in dt/ha (Mittel ± Standardabweichung) im Mittel der Fruchtfolge mit Blauen Lupinen (Ökofeld Gülzow)

3.1.2 Erträge der Fruchtarten

Kleegras

Das Kleegras, bestehend aus Rotklee, Weißklee, Hornklee, Wiesenschweidel und Weidelgras, ist die tragende Säule der Fruchtfolge. Der Anbauumfang wurde auch aus arbeitswirtschaftlichen Gründen ausgedehnt (Vgl. Tab. 1) und die Frühjahrsblanksaat eingeführt. Dadurch konnte bei günstigen Witterungsverhältnissen bereits im Ansaatjahr eine Ernte erfolgen, wie zum Beispiel 2009 bis 2011. Im Jahr 2012 war dagegen keine Ernte möglich, da extreme Trockenheit das Wachstum stark behinderte. Aber auch im Hauptnutzungsjahr waren die Erträge stark witterungsabhängig und unterlagen daher großen Schwankungen (Abb. 5). Dennoch unterschied sich der Durchschnittsertrag in den Rotationen nur geringfügig. Während in der ersten und zweiten etwa 64 dt/ha Trockenmasse geerntet wurden, waren es in der dritten (2005-2010) Rotation ca. 66 dt/ha. Im Jahr 2012 konnten auf Grund der Trockenheit nur etwa die Hälfte geerntet werden. Kleegras war in der zweiten und dritten Rotation Vorfrucht für Wintergetreide. Schlechte Kleegrasbestände hatten in der Regel auch geringere Getreideerträge zur Folge. Da die aktuelle Witterung für den Getreideanbau ebenfalls eine große Rolle spielt, ist der Zusammenhang nur tendenziell gegeben (Abb. 6). Nur 2002, 2007 und 2008 blieben die Getreideerträge nach hohen Vorfruchterträgen hinter den Erwartungen zurück. In diesen Fällen trugen auch extreme Trockenheit und überdurchschnittliche Temperaturen im Frühjahr bzw. Frühjahr und Sommer zu geringen Getreideerträgen bei.

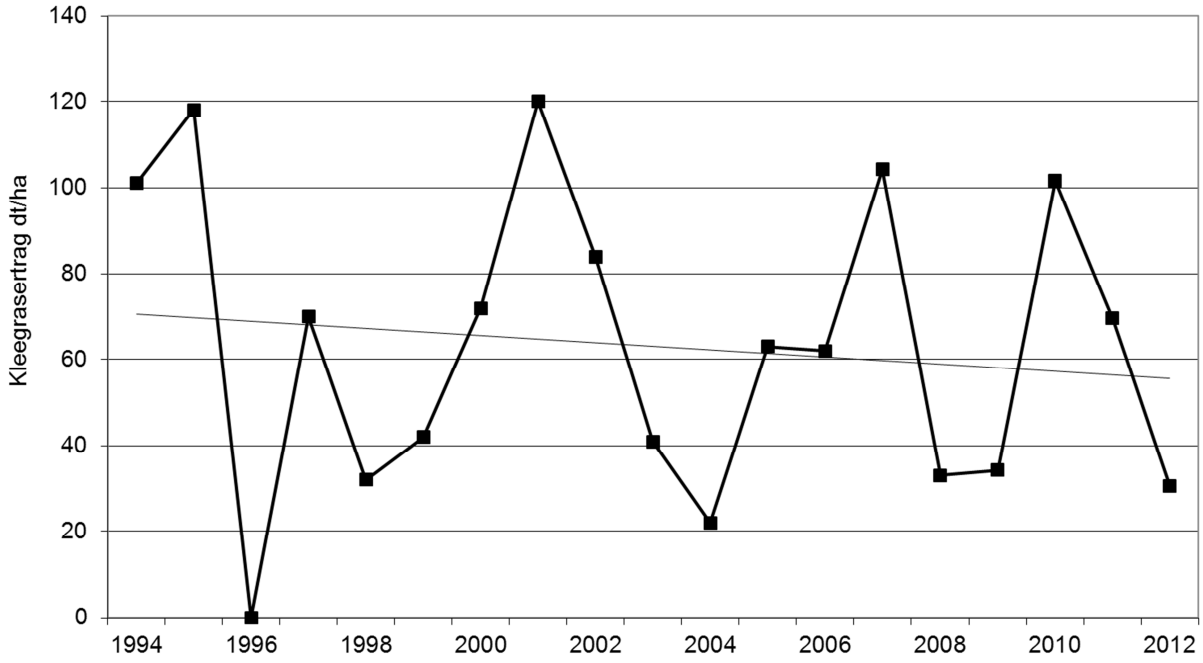


Abb. 5: Trockenmasseertrag von Kleegras in dt/ha im Hauptnutzungsjahr (Ökofeld Gülzow)

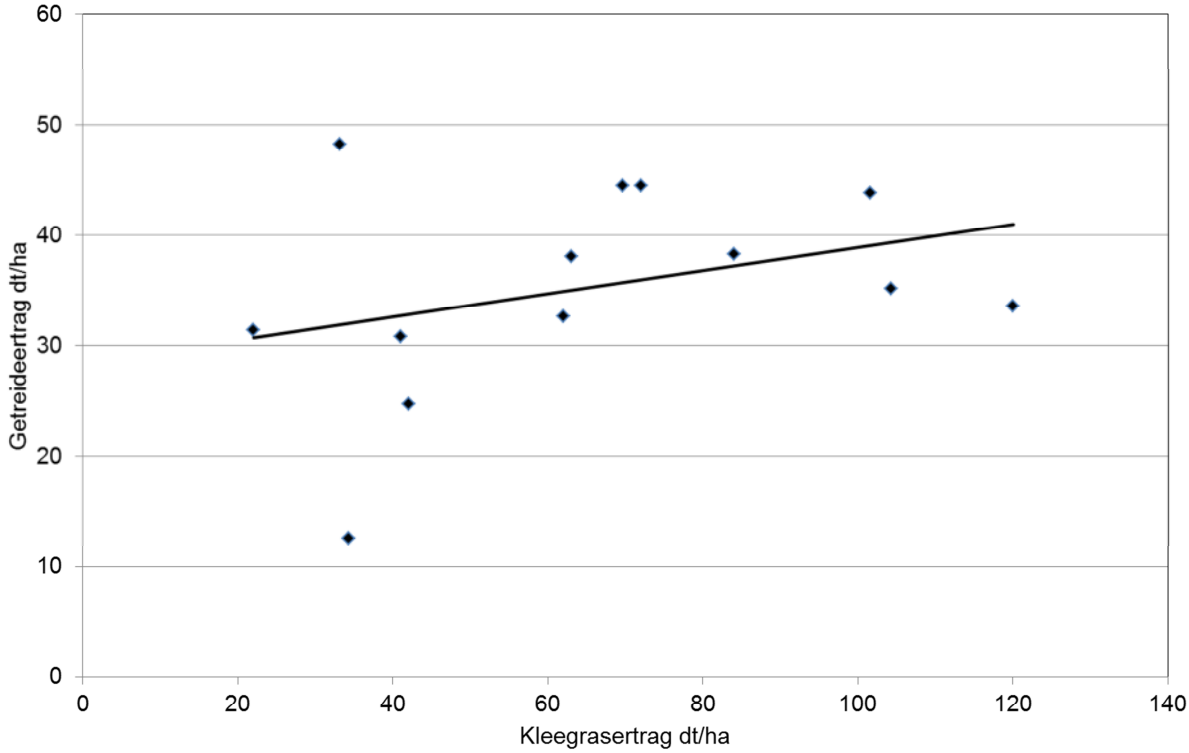


Abb. 6: Zusammenhang zwischen Ertrag der Vorfrucht Kleegras und der Nachfrucht Getreide (Ökofeld Gülzow, 1999-2012)

Körnerleguminosen

Die Körnerleguminosen, in der Regel Blaue Lupinen, ist die Fruchtart mit den höchsten Ertragsschwankungen (Abb. 7). Neben extremen Witterungsbedingungen ist hier auch starke Verunkrautung der Bestände verantwortlich für geringe Erträge oder gar Ertragsausfälle. Bleiben die Jahre mit Totalausfällen unberücksichtigt, ergibt sich ein Durchschnittsertrag von etwa 25 dt/ha. Die hohen Ertragsschwankungen führten in der Praxis zu einem rückläufigen Anbauumfang. Die unzureichenden Verkaufserlöse sind ein weiterer Grund für ein sinkendes Produktionsvolumen.

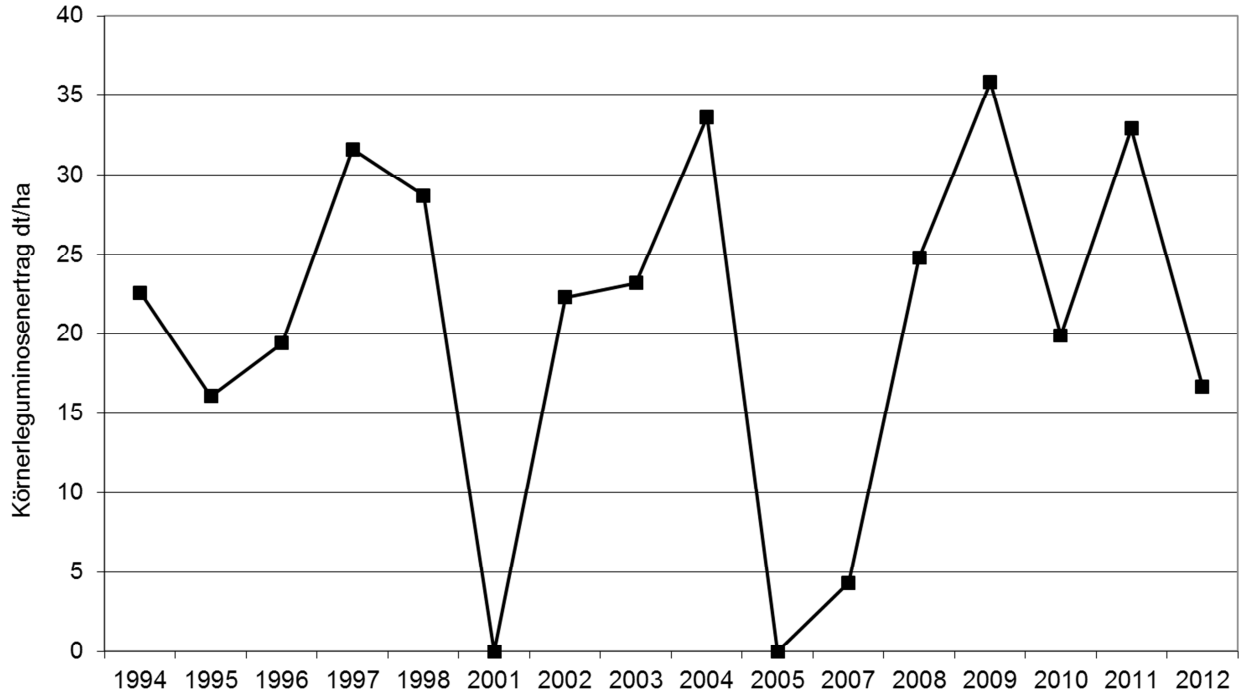


Abb. 7: Kornertrag von Körnerleguminosen in dt/ha (Ökofeld Gülzow)

Kartoffeln

Die Kartoffeln wurden ab 2007 neben Körnerleguminosen im zweiten Fruchtfolgeglied eingeordnet. Sie stehen nach Wintergetreide und einer Zwischenfrucht mit Leguminosen in einer weniger bevorzugten Stellung als in den beiden Rotationen davor. Dennoch zeigt die Ertragsentwicklung einen positiven Trend, besonders ab 2007 (Abb. 8). In den Jahren 2000 und 2004 wurden wegen Fruchtfolgeumstellungen keine Kartoffeln angebaut. Trotz hoher Ertragsschwankungen über dem gesamten Betrachtungszeitraum ist die Ertragsentwicklung in der dritten Rotation positiv zu bewerten. Mit Ausnahme des Jahres 2006 lag der Gesamtertrag über 200 dt/ha. Bei einem Anteil von etwa 90 % Marktware am Gesamtertrag liegt dieses Ergebnis über dem Ertrag vieler Kartoffelanbauer in Mecklenburg-Vorpommern.

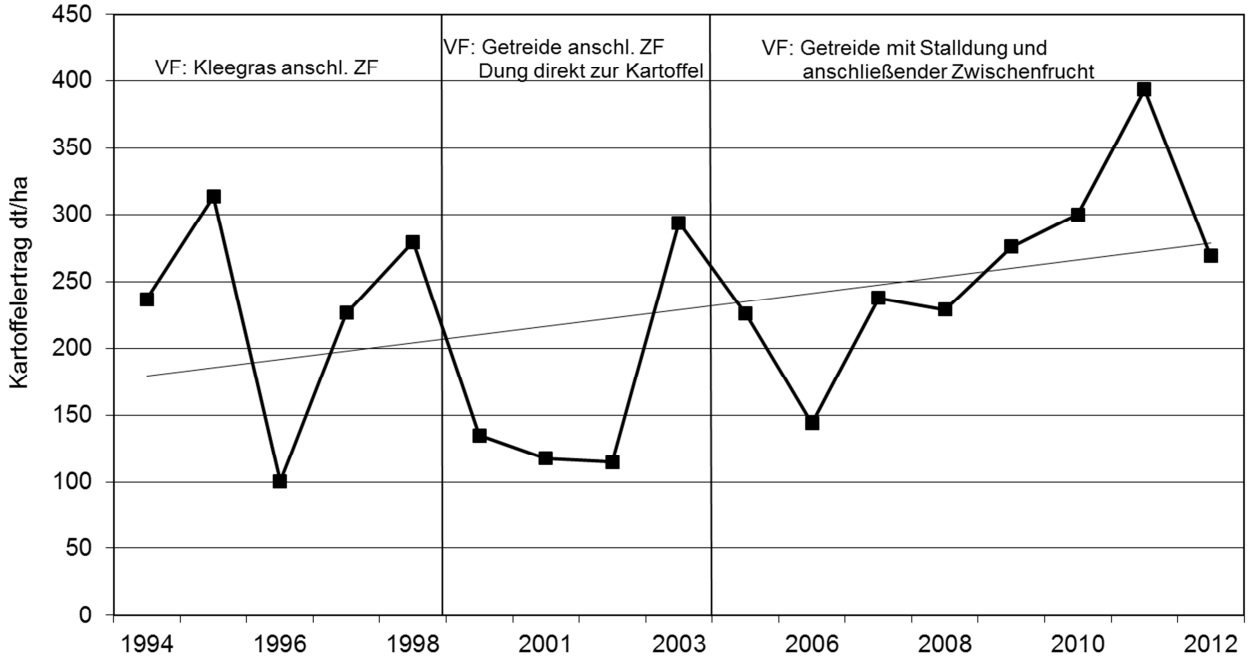


Abb. 8: Gesamtertrag von Kartoffeln in dt/ha (Ökofeld Gülzow)

Wintergetreide

Wintergetreide wurde nach verschiedenen Vorfrüchten angebaut und die Art den Standortgegebenheiten angepasst. So kamen neben Winterroggen auch Wintertriticale und Winterweizen zum Anbau. In den Darstellungen wird zwischen diesen Arten nicht unterschieden. Der Vergleich von Wintergetreide nach Kartoffeln und Getreide (Abb. 9) zeigt kaum Unterschiede im Ertragsniveau. Mit Ausnahme des Jahres 2011 war die Ertragsentwicklung bei beiden Vorfrüchten ähnlich. Der Vergleich mit den Vorfrüchten Körnerleguminosen und Kleegras ergibt in den Jahren 2007-2012 ein ähnliches Ertragsniveau mit Ertragsschwankungen von etwa 20 dt/ha (Abb. 10). Hier spielen unter anderem die Qualität der Vorfrucht und die aktuelle Witterung in der Vegetationszeit des Getreides eine wichtige Rolle. Bei allen Vorfrüchten wurde 2010 ein nur geringer Ertrag für das Wintergetreide ermittelt. Anhaltend trockene Witterungsabschnitte sorgten für eine unzureichende Mineralisierung und damit fehlende Bereitstellung von Stickstoff aus dem Bodenpool.

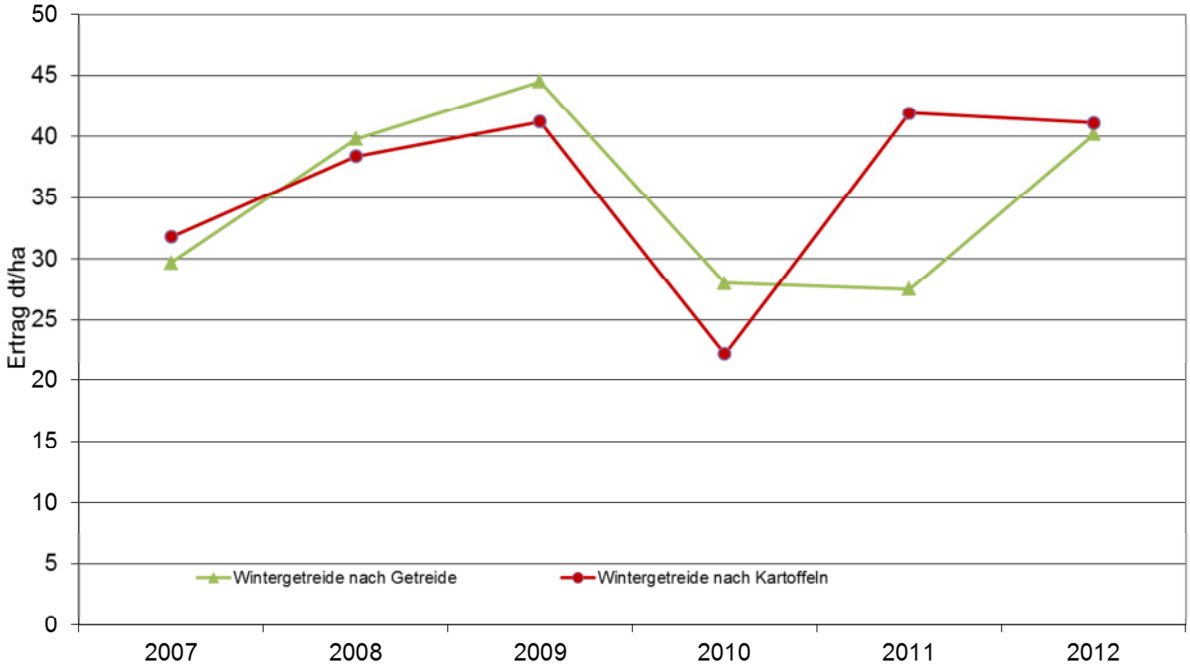


Abb. 9: Kornertrag von Wintergetreide in dt/ha nach den Vorfrüchten Getreide und Kartoffeln in dt/ha (Ökofeld Gülzow)

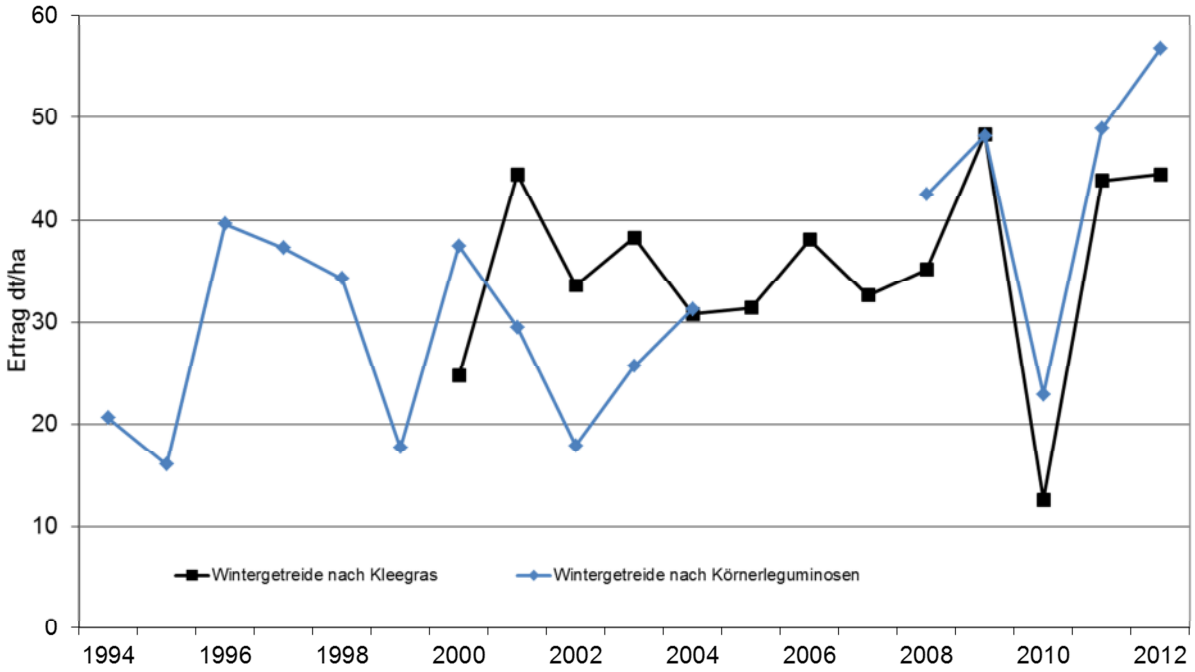


Abb. 10: Kornertrag von Wintergetreide nach den Vorfrüchten Körnerleguminosen und Kleegras in dt/ha (Ökofeld Gülzow)

Sommergerste

2005 und 2006 wurde Sommergerste nach Lupinen angebaut und hier Erträge von 47,5 und 60,0 dt/ha erzielt, letztere allerdings nach gemulchten Lupinen. Ab 2007 wurde auf dem Fruchtfolgefeld 3 nach Kleegras neben Wintergetreide auch Sommergetreide (Sommergerste) ange-

baut. Die in Abb. 11 dargestellten Erträge sind dem Sortenversuch Sommergerste entnommen, da für die Ertragsermittlung keine separate Fläche zur Verfügung stand. Auffällig sind die von 2007-2010 gleich bleibenden Erträge, wogegen 2011 und 2012 eine deutlich höhere Sortenleistung erreicht wurde.

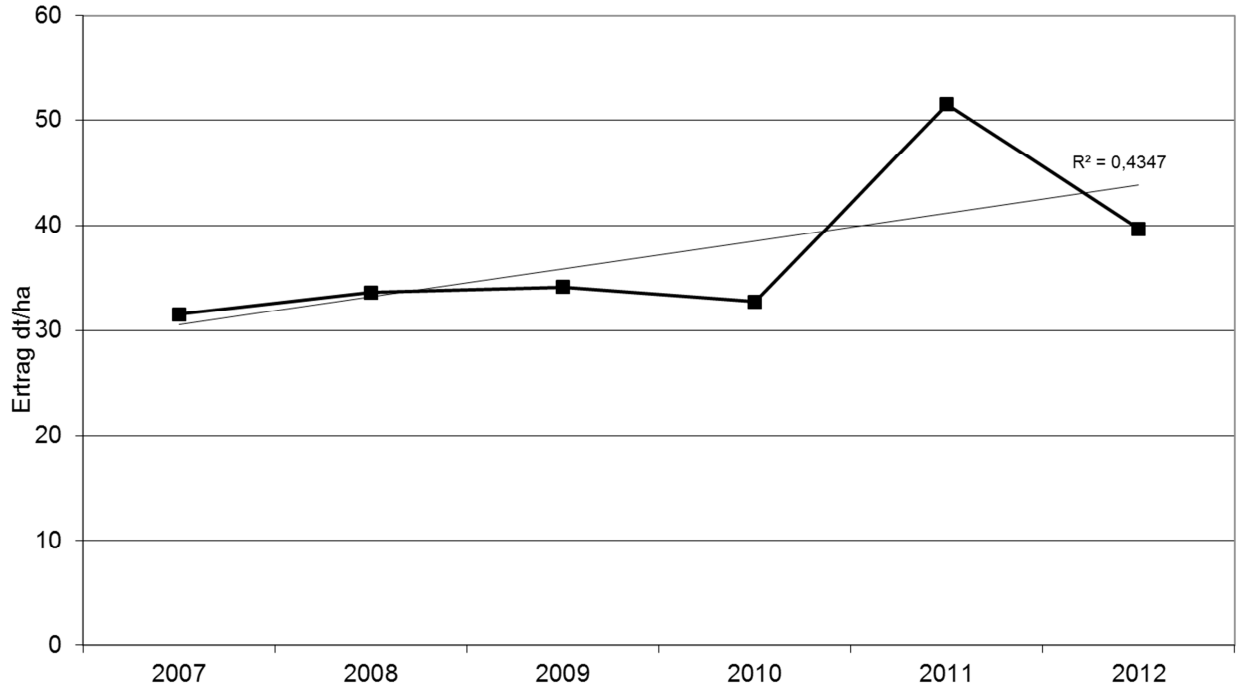


Abb. 11 Kornertrag von Sommergerste nach Kleegras in dt/ha (Ökofeld Gülzow)

Ein Vergleich der in der Fruchtfolge ermittelten Erträge mit den Erträgen aus den Versuchen am Standort Gülzow und dem Anbaugebiet Sandstandorte Nordost zeigt, dass die Erträge, die in der Fruchtfolge ermittelt wurden (teilweise auch aus Versuchen) im Niveau durchaus plausibel sind und dem Standortpotential entsprechen (Tab. 4). Bei Wintergetreide standen die Versuche in der Regel nach Leguminosenvorfrucht, was in der Fruchtfolge nur teilweise der Fall war. In der Fruchtfolge wurde von den Sommergetreidearten nur Sommergerste angebaut, die in den Versuchen in Gülzow nach Hafer den höchsten Ertrag erzielte. Im gesamten Anbaugebiet schnitt sie jedoch am schlechtesten ab. Bei den Körnerleguminosen waren die Ergebnisse der Versuche im gesamten Anbaugebiet auf Grund besserer Standortbedingungen besonders bei den Erbsen besser als am Standort Gülzow. Ähnlich sind die Ergebnisse bei den Kartoffeln zu bewerten. Hier fällt insbesondere ein Standort mit Beregnung ins Gewicht, der dazu beiträgt, dass die Erträge im Anbaugebiet höher sind als in Gülzow. In der Fruchtfolge in Gülzow werden die hohen Erträge besonders durch die ertragsstarke Sorte Agila erreicht.

Tab. 4: Ertragsvergleich (dt/ha) bei ausgewählten Fruchtarten 2007-2012

Fruchtarten/-gruppen	Fruchtfolge, Öko-Feld Gülzow	Versuche, Standort Gülzow	Versuche, Anbaugebiet Sandstandorte Nordost
Wintergetreide	43,8	44,6	38,9
Sommergetreide	36,6*	39,2	38,9
Körnerleguminosen	22,4	25,7	28,0
Kartoffeln	284,3	242,2	317,3

*nur Sommergerste

3.1.3 Ertragsschwankungen

Bezogen auf die Getreideeinheit weisen Kleegras, Kartoffeln und Körnerleguminosen die größten Ertragsschwankungen auf (Abb. 12), was unverändert zu früheren Aussagen gilt.

Bei Getreide konnte eine hohe Ertragssicherheit festgestellt werden, wobei insbesondere Wintergetreide bei einem zwar geringeren Durchschnittsertrag die geringsten Schwankungen aufwies. Das unterstreicht die Richtigkeit der diesbezüglich gegebenen Empfehlungen und weist nachdrücklich auf die Bedeutung des Wintergetreides in den Fruchtfolgen von Öko-Betrieben im Norden hin.

Die hohen Ertragsschwankungen bei Rotkleegras sind in erster Linie ein Ausdruck der geringen Bodengüte auf dem Versuchsfeld, die dazu führte, dass in Verbindung mit ungünstigen Witterungsbedingungen nur geringe Biomasseerträge geerntet wurden. In den letzten Jahren wurde zwar verstärkt auf robuste Kleearten, wie zum Beispiel Hornklee, zurückgegriffen, eine durchgreifende Erhöhung der Ertragssicherheit konnte dadurch jedoch nicht erreicht werden. Auf Grund der guten Wasserdurchlässigkeit der Sandböden und Vorteile bezüglich ihrer Erwärmung führte auch massiver Mäusebefall über Winter immer wieder zur Reduzierung der Bestandesdichte und größeren Ertragseinbußen.

Extreme Witterungsbedingungen während der Vegetation wirkten sich immer wieder negativ auf die Ertragssicherheit der Kartoffeln aus. In der dritten Rotation und darüber hinaus wurde zwar eine Ertragssteigerung festgestellt, die Unterschiede zwischen den Jahren sind aber eher größer geworden als noch in den Rotationen davor. Besonders gering war der Ertrag mit 165 dt/ha Gesamtertrag in der zweiten Rotation. Die besten Erträge (259 dt/ha Gesamtertrag) wurden in der dritten Rotation erzielt wobei hier besonders die ertragsstarken Jahre 2011 und 2012 von Bedeutung waren.

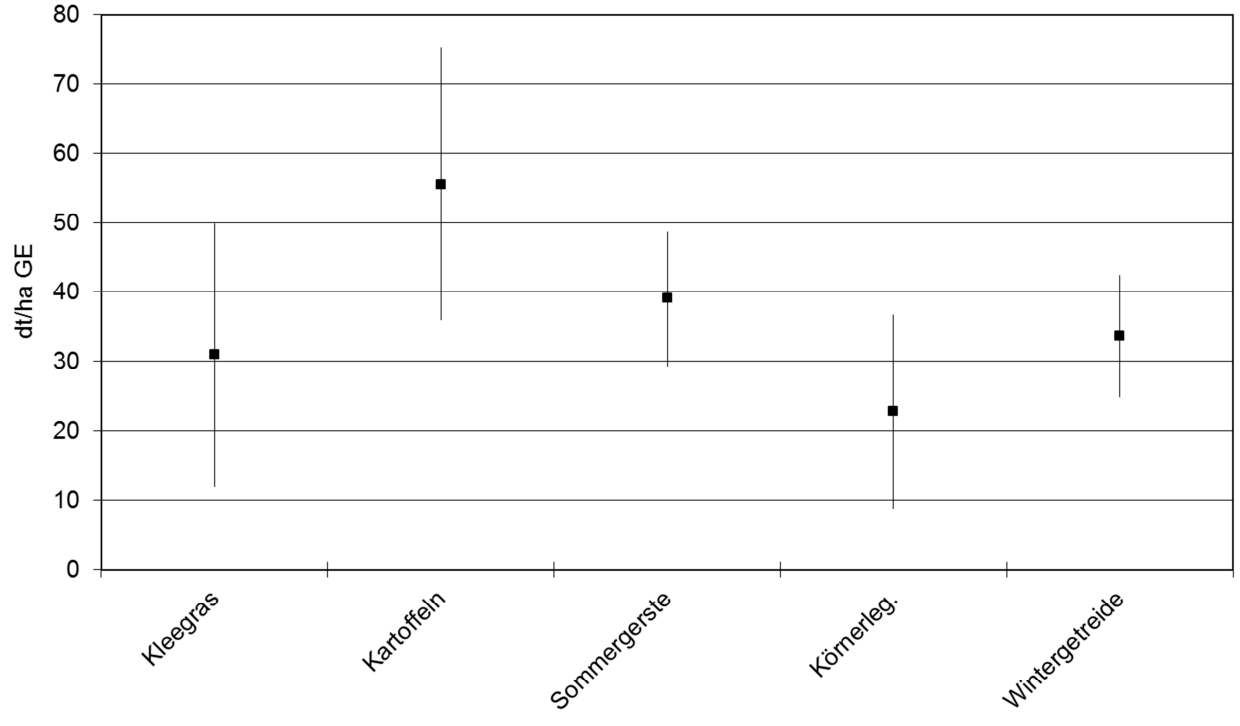


Abb. 12: GE-Erträge Mittelwert und Standardabweichung (+/-) in dt/ha (Ökofeld Gülzow)

3.1.4 Ertragsleistung der Schläge

Ein Vergleich der Ertragsleistung der Schläge zeigt die unterschiedliche Rangierung über zwei Zeiträume (Abb. 13). Während über den gesamten Zeitraum die Rangierung der Schläge 1, 2 und 6 unverändert gegenüber bereits bekannter Ergebnisse war, zeigt sich für den letzten

Betrachtungszeitraum eine deutliche Umverteilung der Plätze zugunsten der Schläge 5 und 6. Eine Abnahme der Ertragsleistung wurde besonders auf dem Schlag 1 festgestellt. Der Vergleich mit der durchschnittlichen Ackerzahl der Schläge (Tab. 5) läßt die Rangierung im Zeitraum 2005-12 plausibel erscheinen. Die Schläge 1, 3 und 4 weisen die geringsten Ackerzahlen auf und erreichten in der letzen Rotation und darüber hinaus die geringsten Erträge. Insbesondere der Schlag 1 hat deutlich an Leistung verloren. Der Schlag 5 steht dagegen auf der Gewinnerseite, was wahrscheinlich auch auf die geringfügige Veränderung der Probenahmeflächen ab 2005 zurückzuführen ist. Daher sind die Zeiträume nur bedingt vergleichbar.

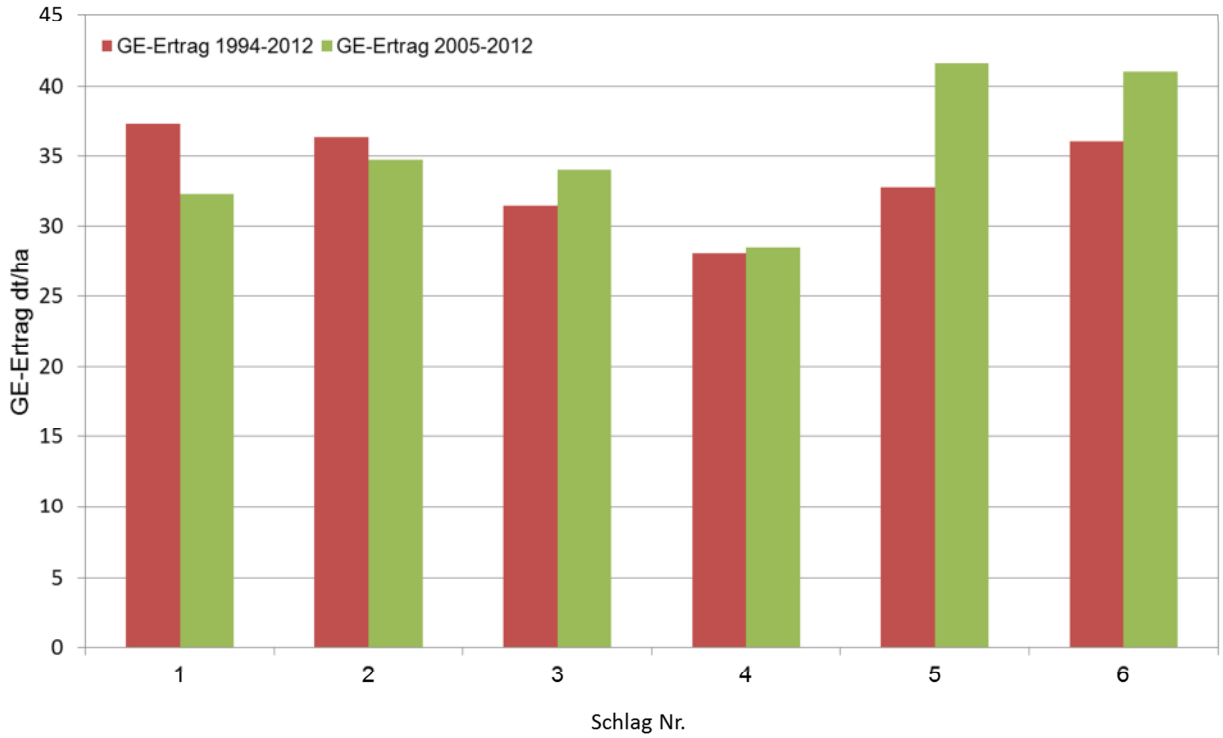


Abb. 13: Ertragsleistung der Schläge und Rangierung in Abhängigkeit der Betrachtungszeiträume (Ökofeld Gülzow)

Tab. 5: Schlagleistung (Rangierung) in Abhängigkeit verschiedener Betrachtungszeiträume

Schläge	Ackerzahl	Rangierung 1994-2012	Rangierung 2005-12
1	35	1	5
2	39	2	3
3	34	5	4
4	33	6	6
5	38	4	1
6	40	3	2

3.1.5 Möglichkeiten der Ertragssteigerung

Versuchsergebnisse zeigen, dass zum Beispiel mit der Ausbringung von Gärresten eine Ertragssteigerung von ca. 20 % möglich ist (Gruber, 2013). Darüber hinaus kann eine gezielte Sortenwahl Ertragspotentiale nutzen, die zwischen 3 % bei Sommerweizen und 33 % bei Winterroggen lagen (Gruber, Zenk 2013). Nicht immer können diese Ertragsreserven genutzt werden, da Standortansprüche und Forderungen des Marktes (z. B. bei Kartoffeln) dem entgegenstehen. Auch mit ausgewählten Pflanzenstärkungsmitteln konnte der Ertrag bei Winterroggen signifikant um 8,7 % gesteigert werden, was sich auch als wirtschaftliche Maßnahme erwies (Titze, 2013).

3.2 Nährstoffbilanzen

Für die Berechnung der Nährstoffbilanzen wurden die über die Jahre ermittelten Nährstoffgehalte der Fruchtarten am Standort Gülzow verwendet. Bei einem Vergleich der Gehalte mit Tabellenwerten wurden besonders bei Winterroggen im Korn und Stroh deutlich geringere N-Gehalte festgestellt als in Öko-Richtwerten der LUFA ausgewiesen. Bei Wintertriticale waren dagegen die N- und P-Gehalte im Stroh um einiges höher als in den Vergleichswerten. Bei den K-Gehalten fielen die geringeren Werte im Korn von Winterweizen und im Stroh aller Getreidearten auf. Dagegen war der Gehalt aller Nährstoffe bei den Blauen Lupinen in eigenen Untersuchungen immer etwas höher. Die gemessenen Nährstoffgehalte im Kleegras stimmten mit den Richtwerten in etwa überein (Tab. 6). Im Vergleich zu Richtwerten beschreibt auch Schulz (2013) häufig geringere Nährstoffgehalte in konventionell angebautem Raps am Standort Gülzow).

Tab. 6: Nährstoffgehalte im Erntegut (% i. TM, Öko-Fruchtfolge Gülzow) mehrjährig

	Stickstoff		Phosphor		Kalium	
	Ökofeld Gülzow	Öko-Richtwert LUFA MV	Ökofeld Gülzow	Öko-Richtwert LUFA MV	Ökofeld Gülzow	Öko-Richtwert LUFA MV
Korn/Knolle						
Winterweizen	1,80	1,93	0,38	0,41	0,44	0,58
Winterroggen	1,26	1,60	0,35	0,41	0,49	0,58
Wintertriticale	1,63	1,60	0,38	0,41	0,54	0,58
Sommergerste	1,50	1,60	0,42	0,41	0,54	0,58
Blaue Lupinen	5,30	5,21	0,51	0,49	1,66	1,12
Kartoffeln	1,50	1,41	0,26	0,27	2,22	2,27
Stroh/Grünschnitt						
Winterweizen	0,46	0,51	0,11	0,15	0,92	1,35
Winterroggen	0,32	0,51	0,14	0,15	1,10	1,93
Wintertriticale	0,97	0,51	0,25	0,15	0,64	1,64
Sommergerste	0,46	0,51	0,14	0,15	1,22	1,64
Kleegras	2,10	2,35	0,32	0,30	2,50	2,60

Vgl. Blattdüngungsbericht Ralf

Die ermittelten Nährstoffgehalte bei Stalldung, die bei der Berechnung der zugeführten Nährstoffmengen verwendet wurden, wichen nur bei Kalium stärker von den Richtwerten ab (Tab. 7). Das kann auch auf geringere Kaliumgehalte im Stroh zurückgeführt werden.

Tab. 7: Nährstoffgehalte im Stalldung (% i. FM, Öko-Fruchtfolge Gülzow) mehrjährig

Zeitpunkt der Probenahme	TS	Stick-stoff	Phosphor	Kalium
Mittel 2002-2010 Öko-Dung	26,4	0,50	0,14	0,41
Öko-Richtwerte LUFA MV	25,0	0,50	0,12	0,66

Im Ergebnis der Nährstoffbilanzierung mit den Bilanzierungsmodell REPRO schwankte der Entzug durch das Erntegut bei nahezu stabiler Nährstoffzufuhr in Abhängigkeit von der Ertragsleistung. Der Durchschnittsertrag beider Fruchtfolgen betrug im Bilanzierungszeitraum 1999-2010 knapp 31 dt GE/ha/a, bei einer Standardabweichung von 5,9 dt GE/ha. Die Zufuhr wurde nach den tatsächlich zugeführten Mengen mit den entsprechend ermittelten Nährstoffgehalten berechnet.

Im Mittel der Jahre war die Phosphorbilanz nahezu ausgeglichen (Tab. 8), jedoch traten Jahresschwankungen (Abb. 14) mit einer Standardabweichung der Salden von 7,3 kg/ha auf. Hauptquelle der Phosphorzufuhr ist der Stalldung, sie liegt zwischen 5 und 24 kg/ha/a. Der Entzug durch Haupt- und Nebenprodukte lag in den einbezogenen Jahren zwischen 12 und 20 kg/ha/a.

Die Kaliumbilanz weist im Vergleich zum Phosphor deutlich höhere, meist positive Salden mit größeren Schwankungen auf. Im Mittel der einbezogenen Jahre liegt die K-Bilanz (Tab. 8) bei +11,7 kg/ha mit hohen Jahreseffekten (Abb. 14). Die Standardabweichung der Salden war mit 52,6 kg/ha vergleichsweise hoch, was besonders auch durch die Jahre 2000, 2006 und 2010 hervorgerufen wurde. Im Jahr 2000 wurde eine mineralische Düngung mit zugelassenen Düngemitteln durchgeführt. Darüber hinaus wurde Kalium zu über 50 % aus Stalldung zugeführt. Aber auch die Gründüngung trägt in hohem Maße zur Kaliumabdeckung bei. Kaliumentzug findet überwiegend durch die Hauptprodukte statt, jedoch wird auch mit der Strohabfuhr eine größere Menge Kalium dem Boden entzogen.

Die Stickstoffbilanzsalden liegen im Mittel der Fruchtfolge bei + 17 kg/ha/a (Tab. 8) und schwanken im Betrachtungszeitraum zwischen -19 und +43 kg/ha (Abb. 14). Die gute Versorgung ist in erster Linie auf die Art und Weise der Bewirtschaftung zurückzuführen ist. Durch hohe Leguminosenanteile, Stalldunggaben und Zwischenfruchtanbau werden dem System erhebliche Mengen Stickstoff zugeführt. Positive N-Bilanzen in Gemischtbetrieben geben auch Weinfurtner et al. (2001) sowie Brock und Leithold (2011) an.

Dem Bewirtschaftungssystem kann durch die Ergebnisse eine umweltgerechte und nachhaltige Produktion bescheinigt werden. Jedoch waren die bei der Betrachtung der Nährstoffflüsse beschriebenen Entwicklungen auf Grund hoher Jahresschwankungen statistisch nicht zu sichern

Tab. 8: Nährstoffbilanzen (1999-2010) in der Fruchtfolge am Standort Gülzow (nach erweitertem REPRO- Bilanzierungsansatz)

	Stickstoff	Phosphor	Kalium
	kg/ha		
Zufuhr gesamt	**127,49**	**17,69**	**95,17**
dav.: Saatgut	3,79	0,58	1,81
Strohdüngung	6,57	0,99	13,71
Gründüngung	18,72	2,51	21,42
Stalldung	43,00	13,61	45,46
Mineraldüngung	-	-	12,78
symbiont. N-Bindung	39,78		
N-Immission	15,63		
Abfuhr gesamt	**-91,03**	**-15,84**	**-83,45**
dav.: Hauptprodukt	-75,57	-12,54	-51,73
Nebenprodukt	-15,46	- 3,29	-31,72
Änderung Bodenvorrat	**-19,11**		
Saldo	**17,35**	**1,85**	**11,73**
Nährstoffverwertung	**71,40**	**89,55**	**87,68**

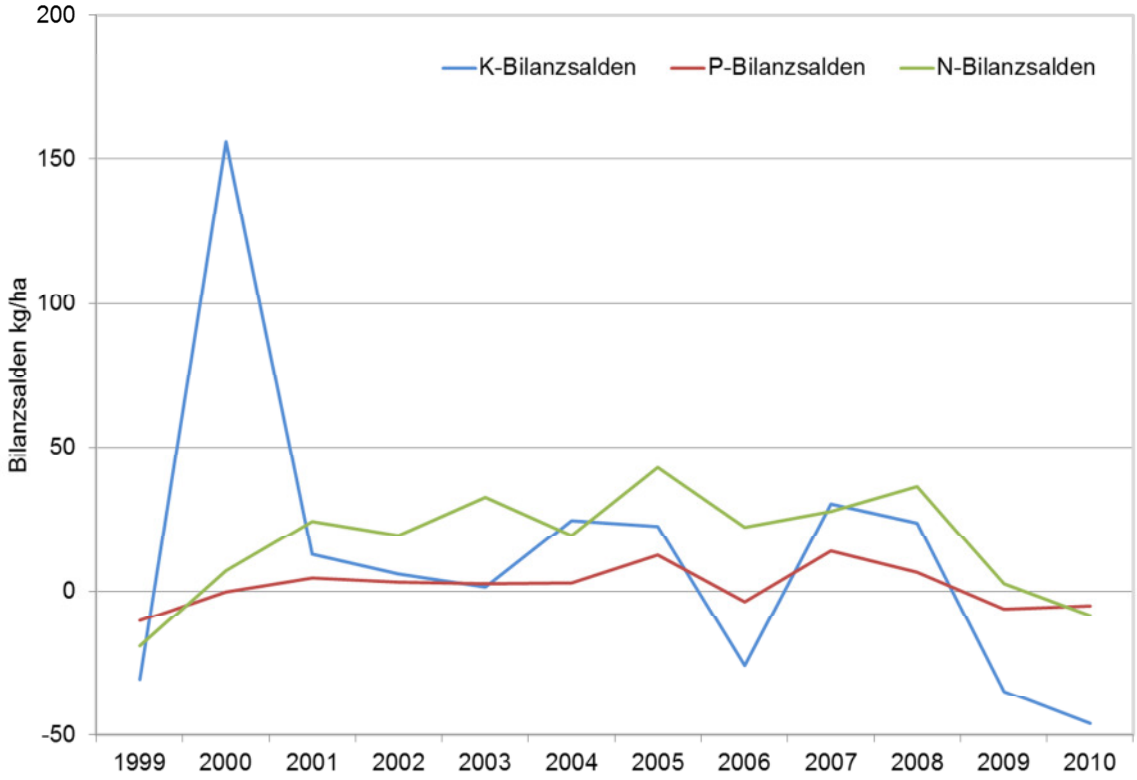


Abb. 14: Bilanzsalden (Ökofeld Gülzow)

3.3 Entwicklung von Grundnährstoffgehalten und pH-Wert im Boden

Bei einer leicht positiven Phosphorbilanz zeigte sich im Mittel der sechs Schläge eine Tendenz zu abnehmenden P_2O_5-Gehalten im Boden mit allerdings hohen jährlichen Schwankungen (Abb. 15). Innerhalb eines Jahres unterlagen die Gehalte einer hohen Standortabhängigkeit (Schlageffekte), die bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt etwas abnahm (Abb. 16).

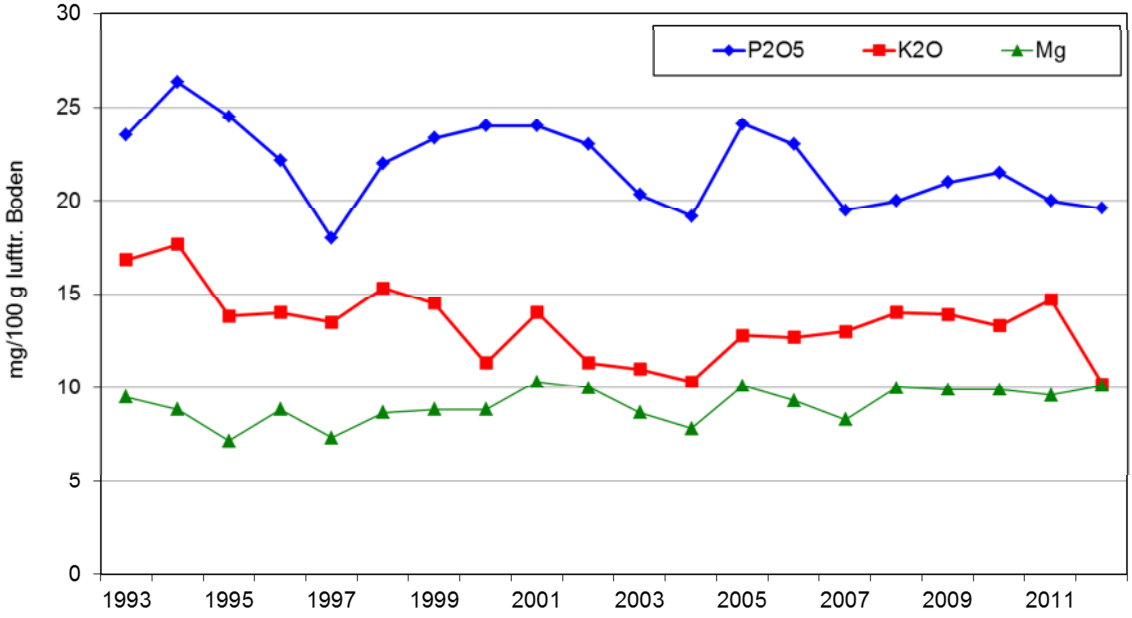


Abb. 15: Entwicklung der Grundnährstoffgehalte im Boden (Ökofeld Gülzow, 0-30 cm)

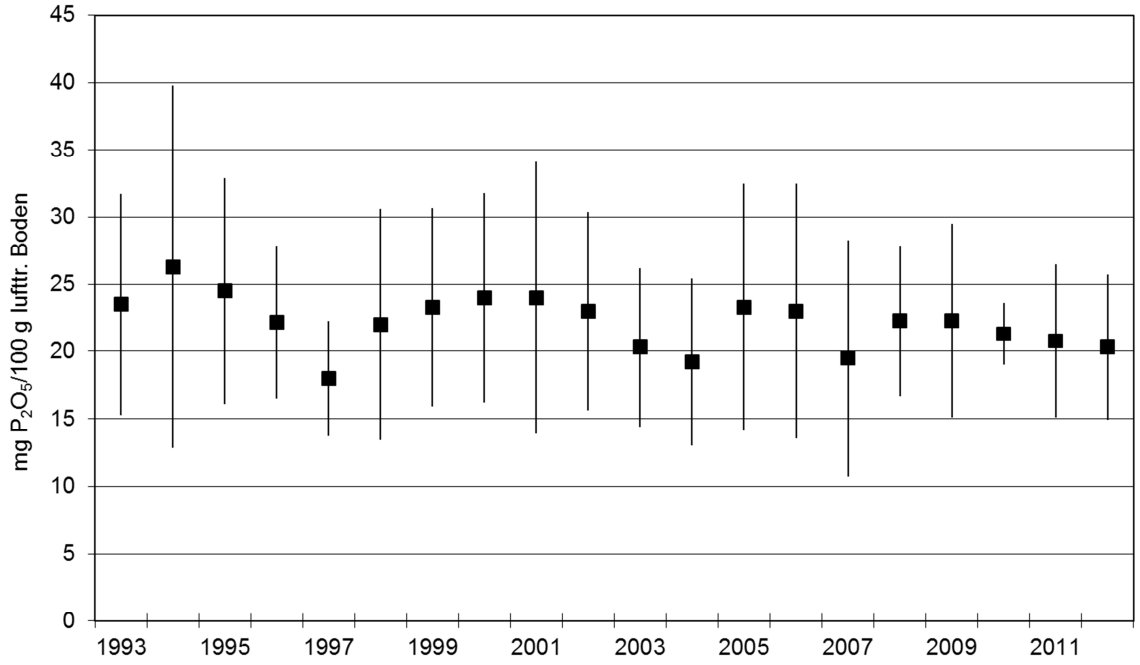


Abb. 16: Schlageffekte (Mittelwert +/- Standardabweichung) der Phosphorgehalte im Boden (0-30 cm) in Abhängigkeit vom Jahr (Ökofeld Gülzow)

Auffällig war die stärkere Abnahme im oberen Bereich (+ Standardabweichung), also der hohen Gehalte. Die bereits geringen Gehalte veränderten sich kaum (-Standardabweichung). Diese Tatsache spricht für eine Einstellung auf eine dem Standort angepasste Phosphorversorgung. Trotz deutlicher Unterschiede zwischen den Schlägen lagen die P_2O_5-Gehalte in den Gehaltsklassen C (13 - 18 mg/100 g Boden) und D (19 - 27 mg/100 g Boden) (Abb. 17). Die vergleichsweise hohen Phosphorgehalte sind auf die Vorgeschichte des Versuchsfeldes zurückzuführen.

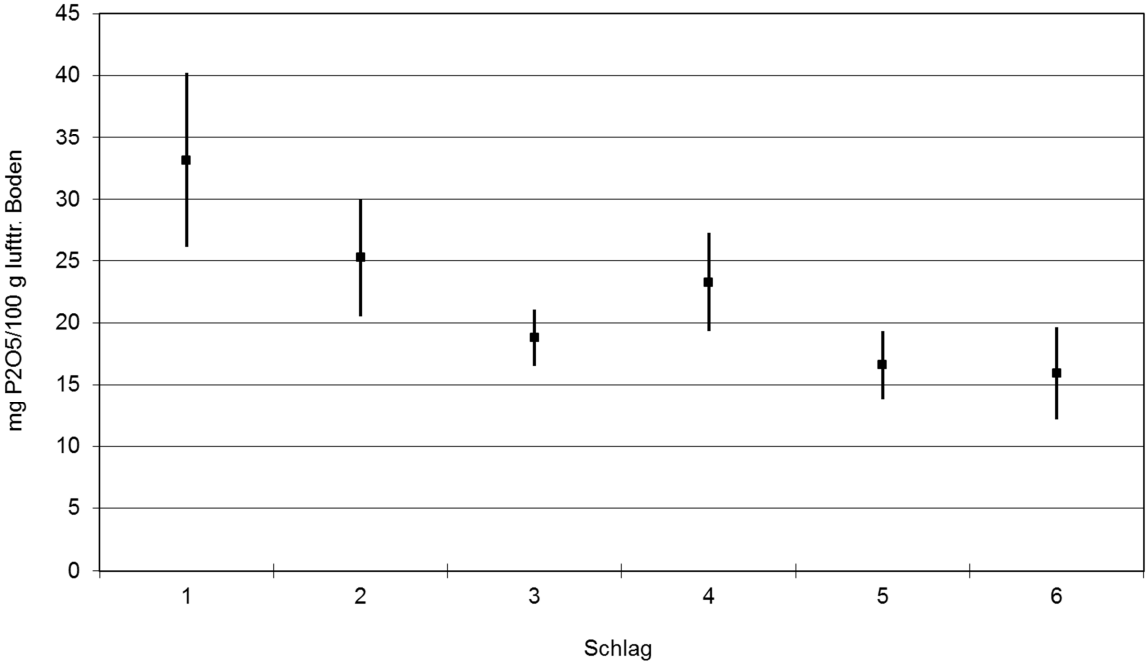


Abb. 17: Jahreseffekte (Mittelwert +/- Standardabweichung) der Phosphorgehalte im Boden (0-30 cm) in Abhängigkeit vom Schlag (Ökofeld Gülzow)

Die Kaliumbilanz wies einen positiven Saldo auf. Dennoch ergaben die Untersuchungen am Standort Gülzow im Mittel der Schläge eine negative Tendenz der K_2O-Gehalte im Boden (Abb. 15). Unter den vorliegenden Bodenqualitäten ist die Abnahme vermutlich auf hohe Auswaschungsverluste in bestimmten Jahren zurückzuführen, die auch Ursache für den deutlichen Jahreseinfluss sein könnten (Abb. 18). Gleiche Feststellungen ergaben sich bereits für einen früheren Betrachtungszeitraum (Gruber 2009). Der obere Trend zeigt eine deutliche Abnahme, wogegen der untere Trend auch bei Kalium kaum Veränderungen aufweist. Die Versorgung mit Kalium (K_2O) ist trotz der abnehmenden Tendenz gut und liegt im Bereich der Gehaltsklasse C (9 - 13 mg/100 g Boden) und D(14 - 23 mg/100 g Boden). Allerdings weisen die Schläge 3 und 4 eine deutlich geringere Versorgung auf als andere Schläge (Abb. 19). Die bereits angeführten Jahreseffekte sind bei Kalium deutlich höher als bei Phosphor und weisen auf die hohe Löslichkeit der Salze hin. Bei Kalium kann bei weiter abnehmenden Gehalten eine zusätzliche mineralische Düngung erforderlich werden, um eventuelle Nährstoffverluste auszugleichen.

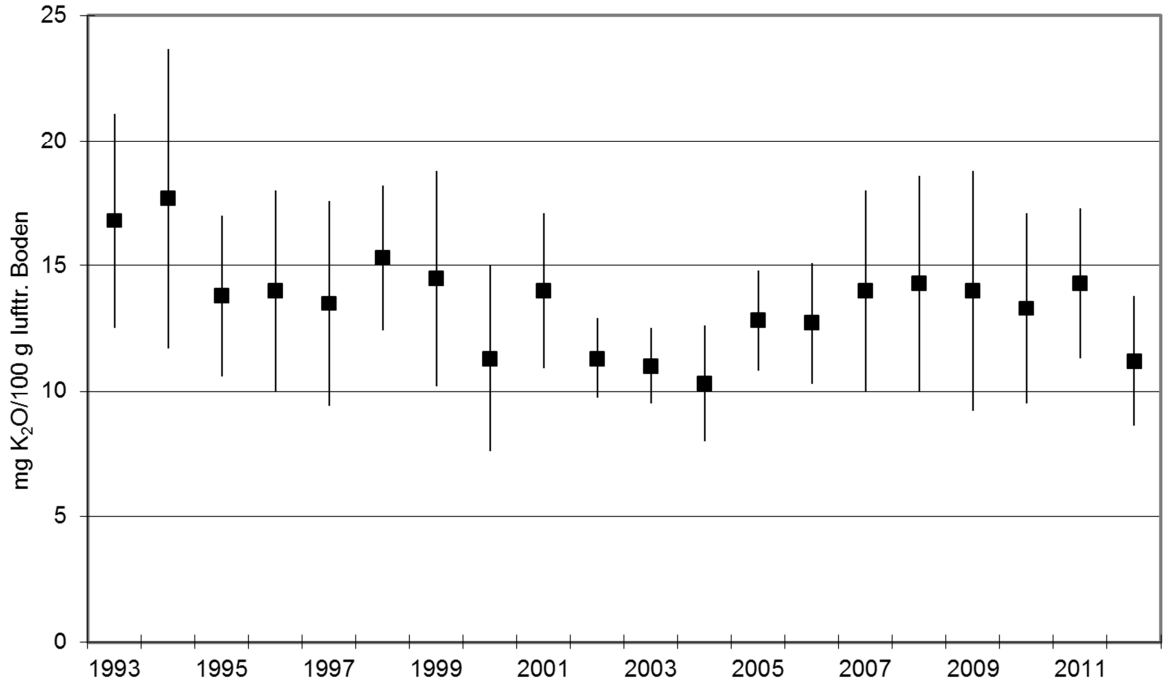


Abb. 18: Schlageffekte (Mittelwert +/- Standardabweichung) der Kaliumgehalte im Boden (0-30 cm) in Abhängigkeit vom Jahr (Ökofeld Gülzow)

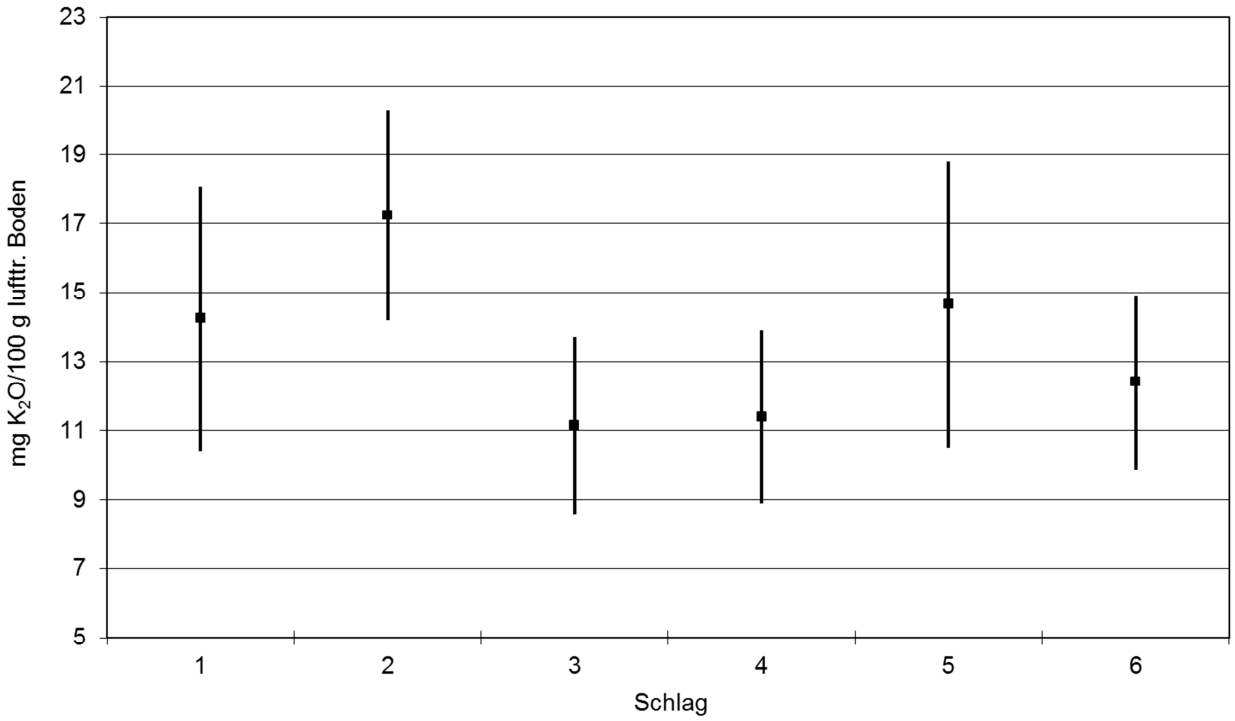


Abb. 19: Jahreseffekte (Mittelwert +/- Standardabweichung) der Kaliumgehalte im Boden (0-30 cm) in Abhängigkeit vom Schlag (Ökofeld Gülzow)

Bilanzwerte für Magnesium liegen nur für einen früheren Zeitraum vor und waren hier im positiven Bereich. Die Magnesiumgehalte im Boden liegen überwiegend in der Gehaltsklasse C (8 - 10 mg/100 g Boden). Die Bodengehalte veränderten sich nur geringfügig, steigen aber leicht an (Abb. 15). Der Einfluss von Standort (Schläge) und Jahr war vergleichsweise gering (Abb. 20 und Abb. 21). Dennoch nahm die Differenzierung zwischen den Schlägen im Verlauf des Untersuchungszeitraumes zu (Abb. 20). Insbesondere der Schlag 1 wies in einigen Jahren sehr geringe Werte auf, die bereits der Gehaltsklasse B (5 - 7 mg/100 g Boden) zuzuordnen sind.

Untersuchungen der Landwirtschaftlichen Fachbehörde in Mecklenburg-Vorpommern zufolge verschlechterte sich der Versorgungszustand der Böden in ökologisch wirtschaftenden Betrieben. Knapp die Hälfte der untersuchten Flächen wiesen bei Phosphor und Kalium Gehalte in den Gehaltsklassen B und A auf, womit sich der Anteil in den letzten Jahren erhöhte (Kape 2012).

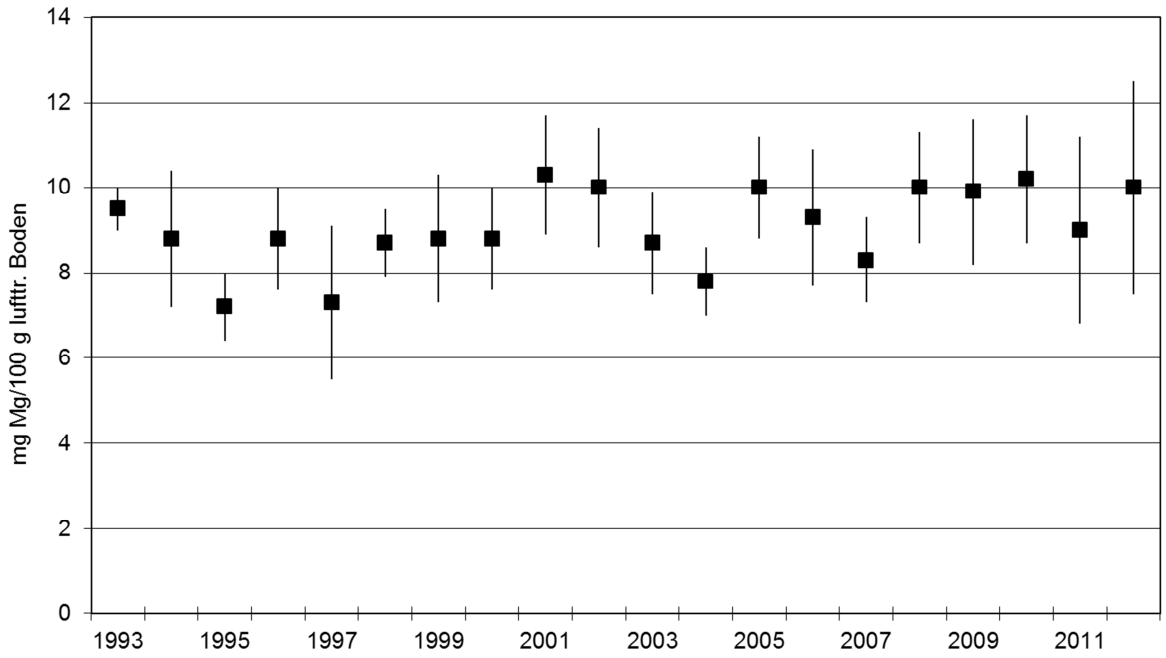


Abb. 20: Schlageffekte (Mittelwert +/- Standardabweichung) der Magnesiumgehalte im Boden (0-30 cm) in Abhängigkeit vom Jahr (Ökofeld Gülzow)

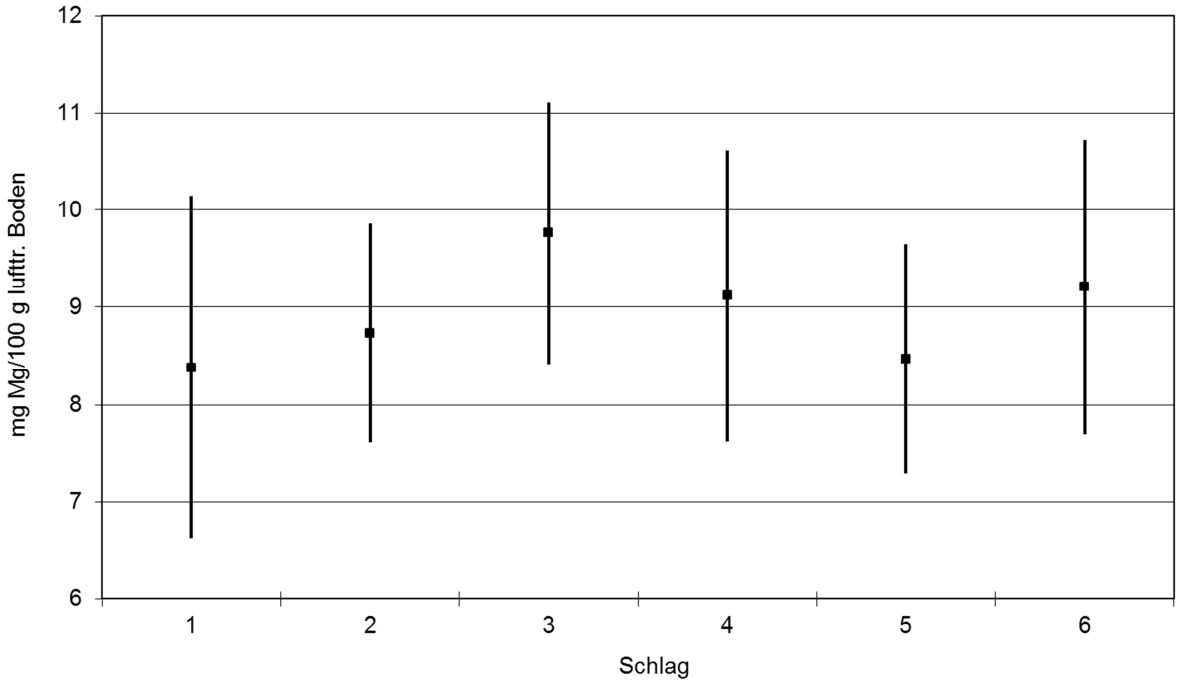


Abb. 21: Jahreseffekte (Mittelwert +/- Standardabweichung) der Magnesiumgehalte im Boden (0-30 cm) in Abhängigkeit vom Schlag (Ökofeld Gülzow)

Die pH-Werte waren am Beginn der Untersuchungen ungewöhnlich hoch. Ab dem Jahr 2000 wurde nicht mehr gekalkt. Die Differenzierung zwischen den Schlägen hat im Verlauf des Beobachtungszeitraumes zugenommen (Abb. 22). Die aufgezeigten Trends zu geringeren pH-Werten und größerer Schlagdifferenzierung werden durch hohe Bestimmtheitsmaße abgesichert. Mit Ausnahme der Schläge 1 und 2 waren die jährlichen Unterschiede erheblich und reichten z. B. auf Schlag 3 von der Gehaltsklasse C (5,8 – 6,3) bis E (≥ 6,8) (Abb. 23). Der im

Verlauf der Jahre gesunkene pH-Wert, hat nunmehr ein Niveau erreicht, das der Bodengüte angemessen erscheint. Dagegen blieb die Kalkversorgung der Flächen in ökologisch wirtschaftenden Betrieben in Mecklenburg-Vorpommern weitestgehend stabil. Der bevorzugte Einsatz magnesiumhaltiger Kalke führte auch zu einer positiven Entwicklung der Magnesiumgehalte in den Betrieben (Kape 2012).

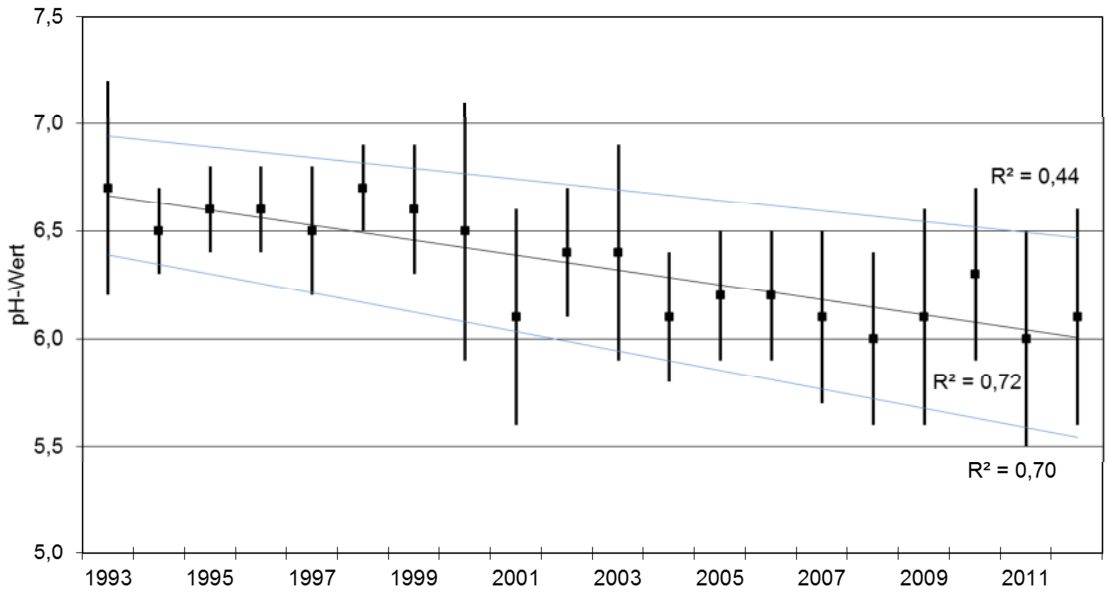


Abb. 22: Schlageffekte (Mittelwert +/- Standardabweichung) der pH-Werte im Boden (0-30 cm) in Abhängigkeit vom Jahr (Ökofeld Gülzow)

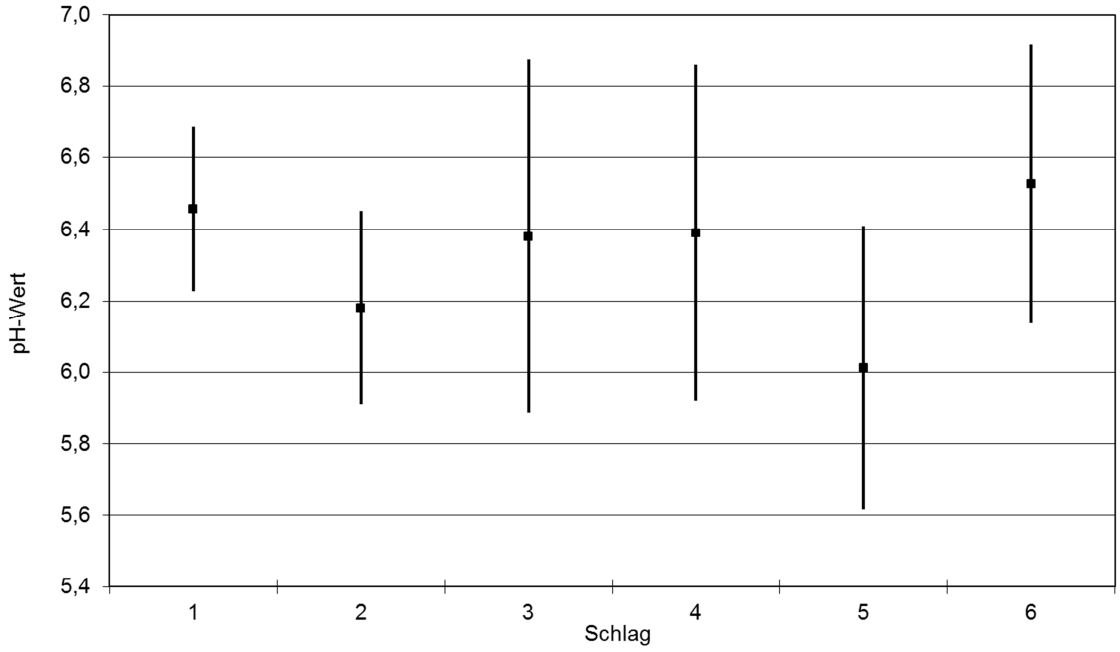


Abb. 23: Jahreseffekte (Mittelwert +/- Standardabweichung) der pH-Werte im Boden (0-30 cm) in Abhängigkeit vom Schlag (Ökofeld Gülzow)

3.4 Nitratgehalte im Boden

Die Nitratgehalte im Boden sind besonders zu Vegetationsende und zu Vegetationsbeginn von Bedeutung. Hohe Werte zu Vegetationsende deuten auf eine erhöhte Gefahr der Auswaschung hin. Daher ist es vorteilhaft durch Bodenbedeckung diese Gefahr zu mindern. Im Untersuchungszeitraum haben sich die Werte zu Vegetationsende kaum verändert (Abb. 24). Im Wesentlichen ist dies auf konstante Bewirtschaftungsbedingungen zurückzuführen. Jedoch zeigen die Ergebnisse der Untersuchungen, dass in Abhängigkeit von der Kultur die Gehalte zu Vegetationsende deutlich stärker schwanken als zu Vegetationsbeginn (Abb. 25). Diese Tatsache deutet darauf hin, dass über Winter durch Auswaschung eine Angleichung der Gehalte erfolgt und die Werte im Frühjahr nur noch unwesentlich voneinander abweichen, der Fruchtarteneffekt also über Winter verloren geht. Frühere Untersuchungen wiesen besonders bei Wintergetreide nach Leguminosen (Kleegras und Körnerleguminosen) und Sommerkulturen nach einer Winterfurche ohne Stalldung hohe Nitrat-N-Differenzen zwischen Vegetationsende und Vegetationsbeginn nach. Bei diesen Fruchtfolgepaaren ist die Auswaschungsgefahr sehr hoch. Dagegen schwankten die Werte im Herbst und Frühjahr unter Zwischenfrüchten und Kleegrasbeständen kaum (Gruber u. Thamm, 2005).

Die deutlich im Verlauf der Jahre abnehmenden Nmin-Gehalte im Frühjahr (Abb. 25) sind für den ökologischen Anbau ungünstig, da fehlender Stickstoff im Frühjahr den Wachstumsstart verzögert. Insbesondere Winterkulturen müssen dann auf Stickstoff aus der Mineralisierung warten, was für die Pflanzen zu Stress führen kann.

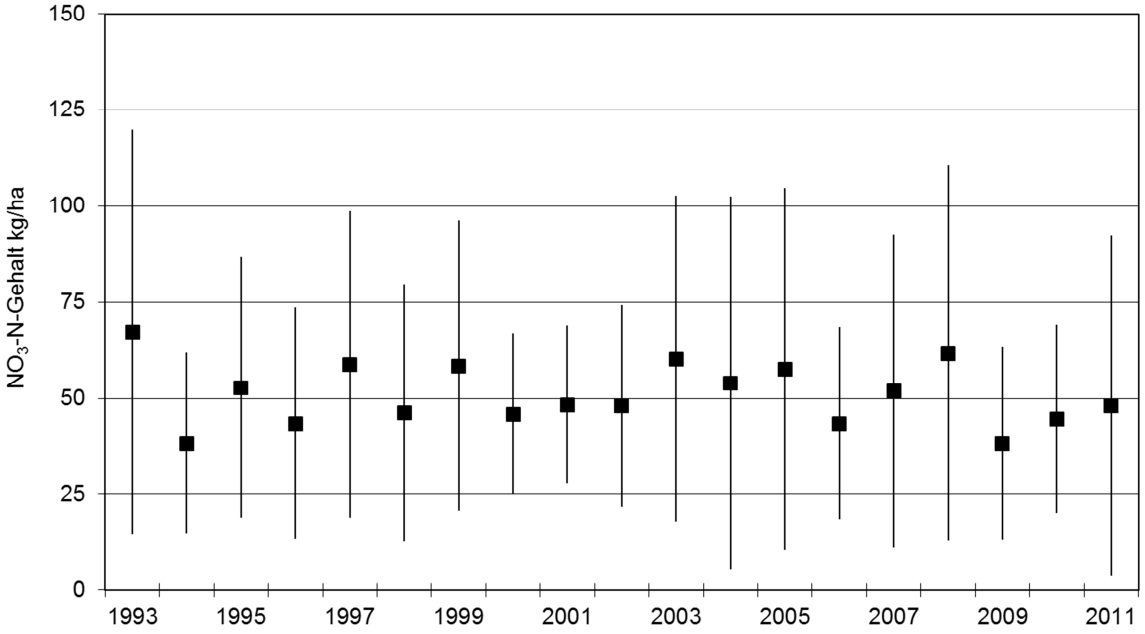


Abb. 24: **Mittelwert und Standardabweichung der NO3-N-Gehalte im Boden (0-90 cm) zu Vegetationsende im Herbst (Ökofeld Gülzow)**

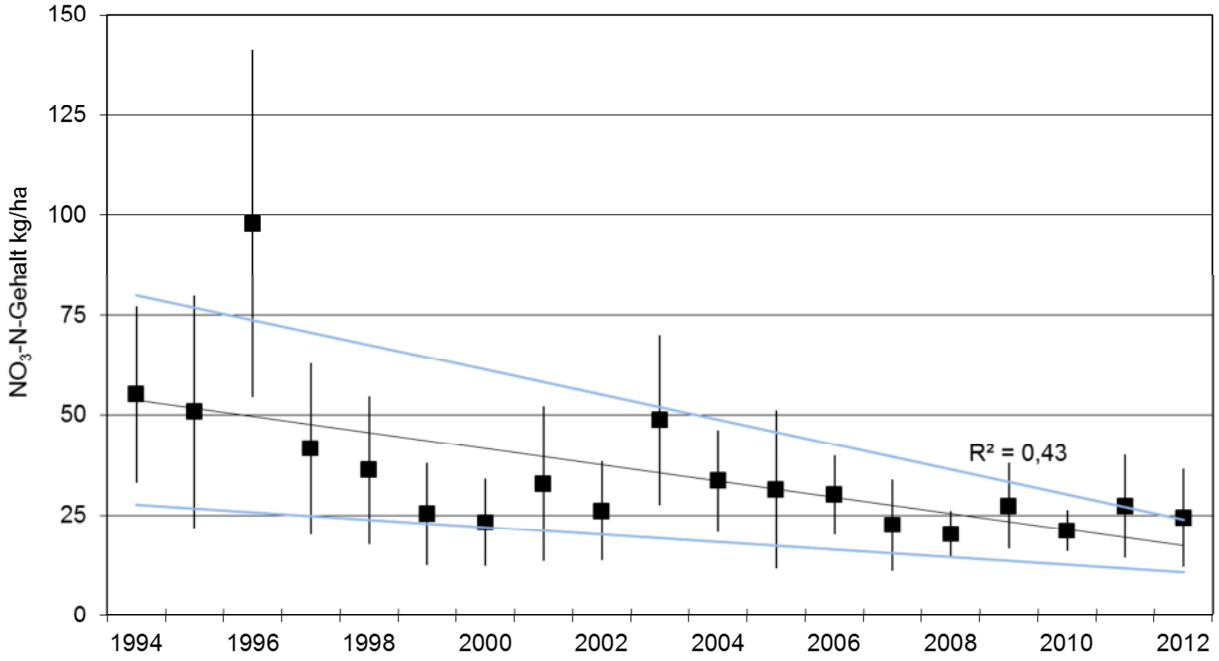


Abb. 25: Mittelwert und Standardabweichung der NO3-N-Gehalte im Boden (0-90 cm) zu Vegetationsbeginn im Frühjahr (Ökofeld Gülzow)

3.5 Humusbilanz

Die Humusbilanzierung erfolgt nach speziell für den Öko-Landbau entwickelten Algorithmen. Untersuchungen haben ergeben, dass die im konventionellen Anbau angewendeten Bilanzierungsverfahren (VDLUFA) für den Öko-Landbau ungeeignet sind (Leithold, Brock 2006, Brock et al. 2012). Die mit dem erweiterten dynamischen REPRO-Bilanzierungsansatz ermittelten Ergebnisse beziehen Standortbedingungen (Witterung, Boden) und Ertragsniveau ein und berücksichtigen so situationsangepasste Humusbedarfswerte (Schmid et al. 2012).

Die für die Öko-Fruchtfolge Gülzow errechneten Humussalden ergaben eine sehr gute Versorgung, was in erster Linie aus der hohen Ersatzleistung durch organische Düngung von 467 kg C/ha (Stalldung, Stroh- und Gründüngung) resultiert (Tab. 9). Die jährlich ausgebrachte Menge an Stalldung variierte leicht. Bis 2006 wurden Stalldungmengen in Höhe von 0,8 GV/ha ausgebracht, ab 2007 lag die ausgebrachte Stalldungmenge bei etwa 0,6 GV/ha. Der Stalldung wurde aus einem Bio-Betrieb zugekauft und im Gegenzug Stroh und Kleegras abgefahren. Im Vergleich zu den Pilotbetrieben, deren Input im Mittel der Milchbetriebe bei nur 261 kg C/ha lag (Schmid et al. 2012), ist die zugeführte Kohlenstoffmenge auf dem Versuchsfeld Gülzow besonders hoch. Gleichzeitig wird aber auch ein sehr hoher Bedarf ausgewiesen, so dass die Salden vom Versuchsfeld Gülzow ähnlich hoch waren wie im Mittel der Milchvieh haltenden Pilotbetriebe. Die Humusmehrerleistung der Kulturen war auf dem Versuchsfeld Gülzow im Vergleich zu den Pilotbetrieben geringer, da der Kleegrasanteil in den ersten fünf Jahren des Betrachtungszeitraumes nur 16 % der Ackerfläche im Vergleich zu 38 % betrug und erst ab 2006 auf 33 % erhöht wurde. Damit entsprach der Anteil in den ersten Jahren eher der Vergleichsgruppe der Marktfruchtbetriebe mit 19 % Kleegras. Als optimale Bilanzsalden werden von Späte (2013) -75 bis + 100 kg C/ha angegeben. Trotz der Anwendung der dynamischen Bilanzierung in REPRO wird ein ähnlich hoher Saldo ausgewiesen wie schon bei früheren Berechnungen nach der VDLUFA-Methode (Gruber, Thamm 2005).

Aus dem Saldo der Humusbilanz wird die C-Sequestrierung (201 kg C/ha x 3,67) berechnet, die Eingang in die THG-Bilanz findet.

Tab. 9: Humusbilanzen (1999-2010) in der Fruchtfolge am Standort Gülzow (nach erweitertem REPRO- Bilanzierungsansatz)

	Humus kg C/ha	Marktfrucht/ Milchvieh (Schmid et al. 2012)
Humusersatz gesamt	**647,67**	**603/609**
dav.: Stalldung	355,13	38/137
Humusmehrerleistung	180,52	186/348
Strohdüngung	61,30	218/46
Gründüngung	50,71	
Humusbruttobedarf	**-446,48**	**-533/-382**
Saldo	**201,19**	**-9/227**
Versorgungsgrad %	**145,06**	**113/159**

Neben der Humusbilanzierung mit REPRO, deren methodisches Herangehen für Öko-Betriebe in Fachkreisen umstritten ist, wurden über die Jahre auch die Kohlenstoffgehalte (C_t-Gehalt) im Boden untersucht. Dadurch kann kontrolliert werden, ob die Entwicklung im Boden die in der Bilanz errechneten Werte widerspiegelt. Der C_t-Gehalt im Boden nahm im Mittel der Schläge während des Untersuchungszeitraumes bei einem hohen Bestimmtheitsmaß kontinuierlich zu und erreichte 2012 einen Anteil von 1,02 % in der Trockenmasse (STAW 0,17). Kleegrasanbau und Stalldung sind wichtige Quellen eines kontinuierlichen Humusaufbaus. Die hier gewählte Fruchtfolge bietet gute Voraussetzungen für diesen Prozess. Auch der N_t-Gehalt stieg im Laufe der Jahre leicht an und erreichte 2012 im Mittel aller Schläge einem Anteil von 0,09 % (STABW 0,02). Im Jahr 2011 wurden größere Abweichungen von den bisher gemessenen Werten festgestellt, deren Ursache nicht geklärt werden konnten (Abb. 26).

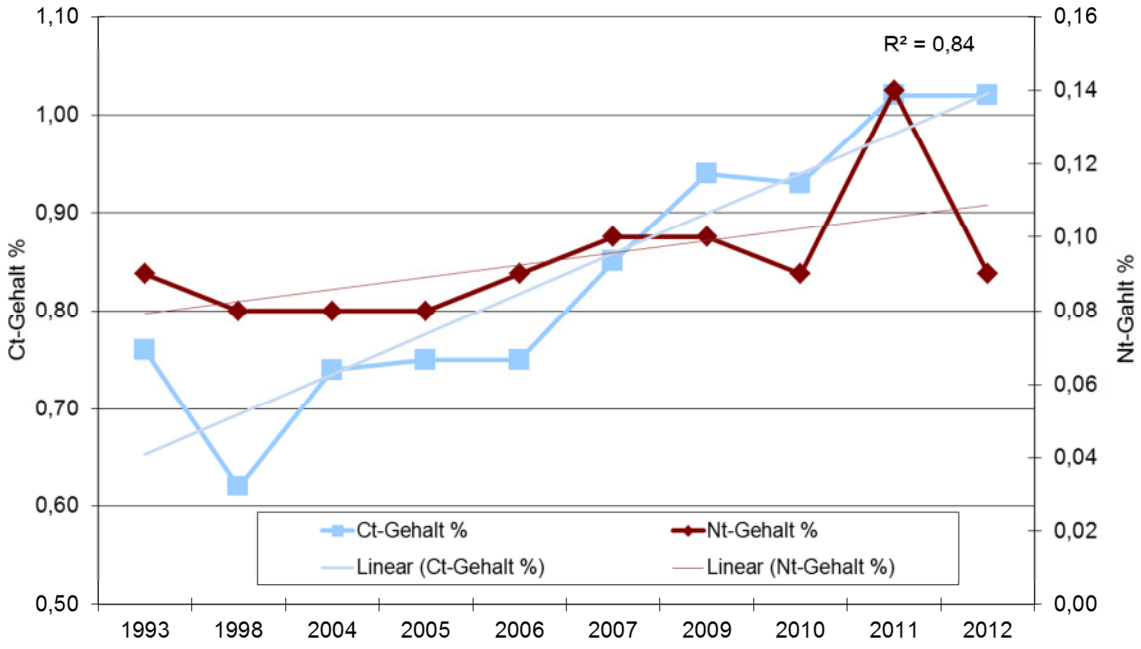


Abb. 26: Entwicklung der Ct- und Nt-Gehalte im Boden in der Fruchtfolge (Ökofeld Gülzow)

Die Mittelwerte der C_t– und N_t–Gehalte unterlagen deutlichen Schwankungen innerhalb eines Jahres, was auf stärkere Fruchtarteneffekte hindeutet (Abb. 27 u. Abb. 28).

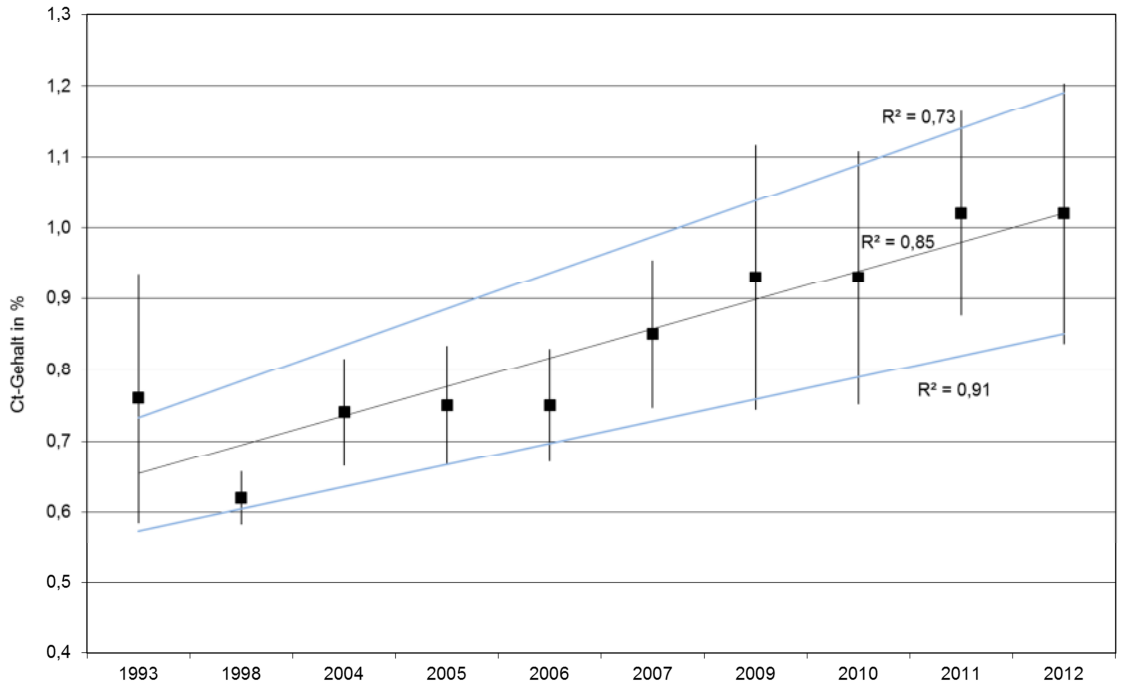


Abb. 27: Mittelwert und Standardabweichung der Ct-Gehalte im Boden in der Fruchtfolge (Ökofeld Gülzow)

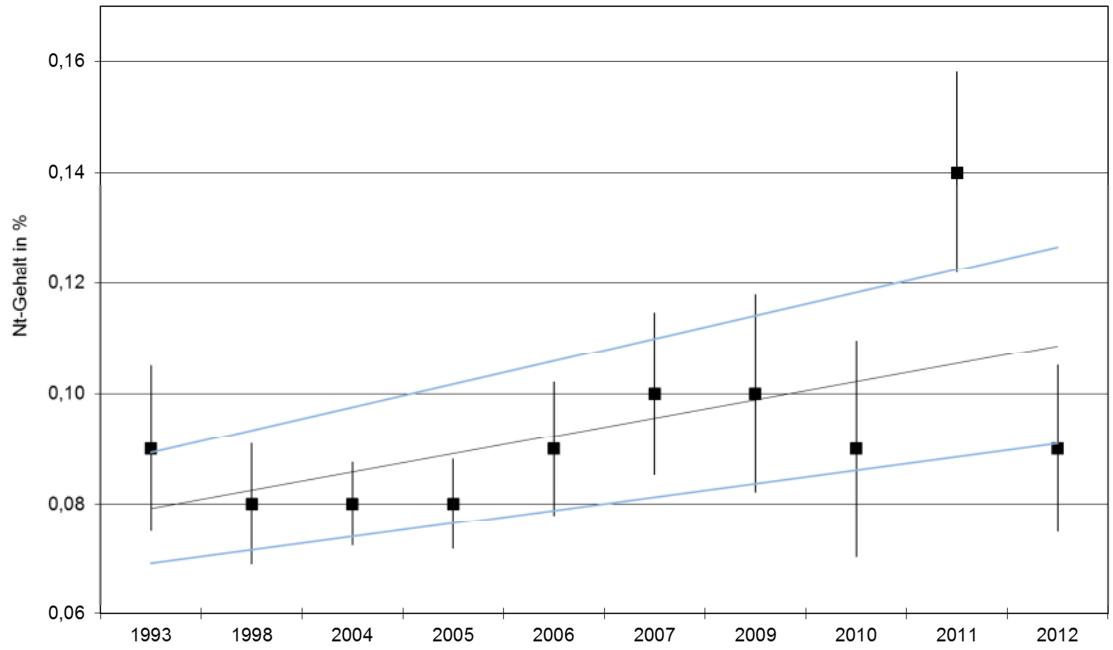


Abb. 28: Mittelwert und Standardabweichung der N_t-Gehalte im Boden in der Fruchtfolge (Ökofeld Gülzow)

Allerdings fielen diese Effekte unterschiedlich aus. So zeigten sich mit steigenden Gehalten auch größere Standardabweichungen. Dieser Trend ist beim Ct-Gehalt sehr deutlich und gut abgesichert, bei Nt-Gehalt nur tendenziell erkennbar.

Eine enge Beziehung zwischen C_t-Gehalten und N_t-Gehalten konnte auch für die Ergebnisse am Standort Gülzow nachgewiesen werden (Abb. 29). Danach stieg mit zunehmendem C_t-Gehalt der N_t-Gehalt kontinuierlich an. Dieser Zusammenhang wird auch von Hülsbergen im Düngungversuch Seehausen beschrieben (Hülsbergen 2012).

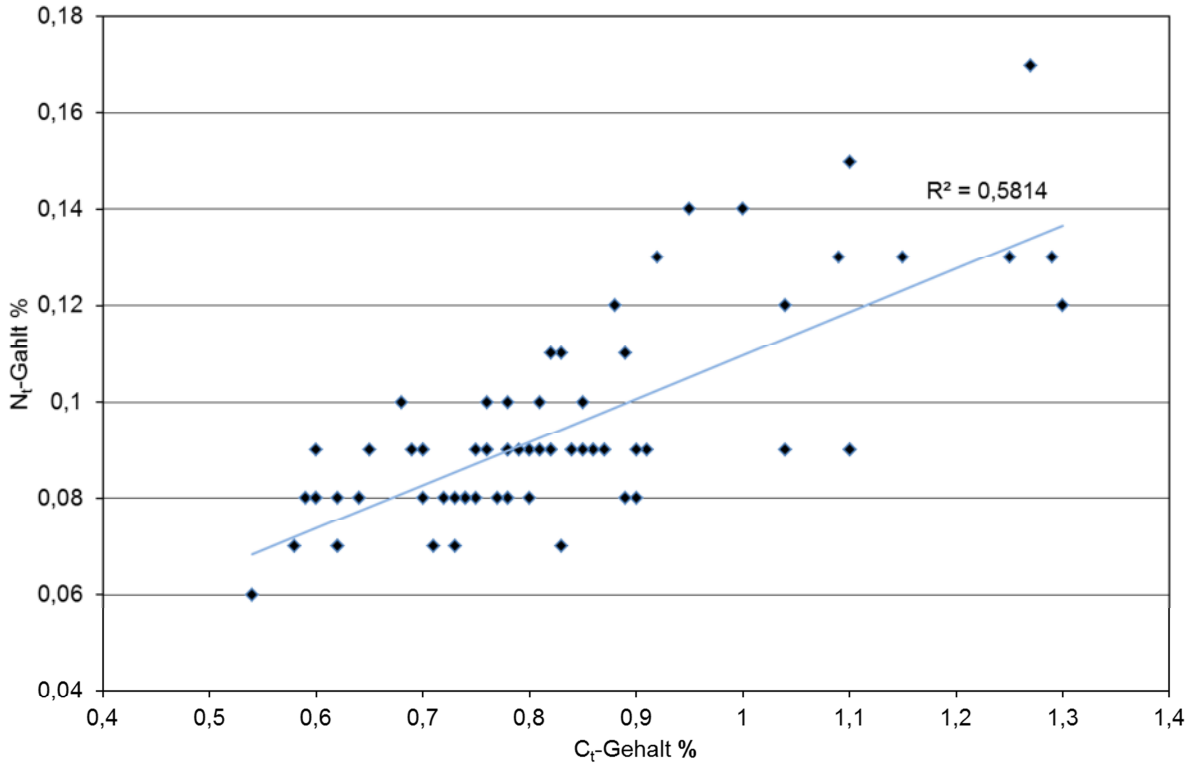


Abb. 29: Beziehung zwischen C_t und N_t-Gehalten im Boden (Öko-Feld Gülzow)

3.6 Energiebilanz

Die Energiebilanz (Abb. 10) analysiert den gesamten Prozess der Biomasseproduktion und wird aus dem direkten Einsatz fossiler Energie (Dieselkraftstoff) und dem indirekten Einsatz, zum Beispiel für die Herstellung von Geräten, berechnet. Der Energieinput von 6,93 GJ/ha ist als gut zu bewerten und liegt im Mittelfeld der ökologisch wirtschaftenden Milchvieh- und Gemischtbetriebe im Pilotprojekt. In Marktfruchtbetrieben war der Verbrauch im Mittel etwas geringer. Ursachen sind im Mehraufwand bei der Stalldungausbringung und Futterbergung zu sehen. Beide Betriebstypen wiesen aber einen um 50 % geringeren Energieverbrauch auf als vergleichbare konventionelle Betriebe (Schmid et al. 2012). Der Energiegewinn (Nettoenergieoutput), der sich für das Versuchsfeld ergab, ist mit 66,18 GJ/ha für einen „Milchviehbetrieb“ als gering zu bewerten. Er berücksichtigt den Brennwert der gesamten Erntemasse abzüglich der eingesetzten fossilen Energie. Für die Milchviehpilotbetriebe wurde auf Grund von Mehraufwendungen für Strohbergung und Kleegrasernte ein deutlich höherer Wert ausgewiesen. Dadurch ergibt sich für die Energiebilanz des Versuchsfeldes auch ein gutes Verhältnis zwischen eingesetzter und gewonnener Energie (Output/Input-Verhältnis). Aufgrund höherer Erträge erreichten aber konventionell wirtschaftende Vergleichsbetriebe einen doppelt so hohen Wert.

Die Energieintensität liegt im Mittel der untersuchten Pilotbetriebe bei etwa 170 MJ/GE, für das Versuchsfeld Gülzow wurden 228 MJ/GE errechnet. Damit liegt die Öko-Fruchtfolge deutlich außerhalb des optimalen Bereiches und erreicht die Maximalwerte der Öko-Betriebe, unabhängig vom Betriebstyp. Ursache sind die vergleichsweise geringen Erträge und der dazu hohe Energieeinsatz aufgrund höherer Intensität der Bewirtschaftung als Versuchsstandort. Späte (2013) gibt als hohe Energieeffizienz einen Wert unter 200 GJ/ha an, als mittlere Effizienz einen Wert zwischen 200 und 250 GJ/ha. Konventionelle Betriebe haben zwar einen höheren Energieeinsatz aber durch höhere Erträge eine insgesamt bessere Effizienz (Schmid et al. 2012).

Tab. 10: Energiebilanzen (1999-2010) in der Fruchtfolge am Standort Gülzow (nach erweitertem REPRO- Bilanzierungsansatz) im Vergleich zu Öko-Betrieben in Deutschland

	Öko-Feld Gülzow	Marktfrucht/ Milchvieh (Schmid et al. 2012)
	GJ/ha	
Energieinput gesamt	**6,93**	**6/7**
dav.: Stalldung	1,31	
Mineral. Düngung	0,14	
Saatgut	1,15	
Dieselkraftstoff	3,64	
Maschinen und Geräte	0,69	
Energieoutput gesamt	**73,11**	
Energiegewinn (Nettoenergieoutput)	**66,18**	**67/119**
Energieintensität MJ/GE	228,44	175/172
Output/Input-Verhältnis	10,55	12/17

Die Analyse des flächenbezogenen Energieinputs (Abb. 30) stellt die Fruchtfolge Öko-Feld Gülzow als Low-Input-System dar (< 10 GJ/ha). Der geringe Energieeinsatz von knapp 7 GJ/ha hat einen nur geringen Energieoutput (66 GJ/ha) zur Folge. Hülsbergen & Schmid (2013) weisen aber auch darauf hin, dass auch Öko-Betriebe einen Energieoutput haben können, der mit > 150 GJ/ha ähnlich hoch ist wie der konventioneller Betriebe.

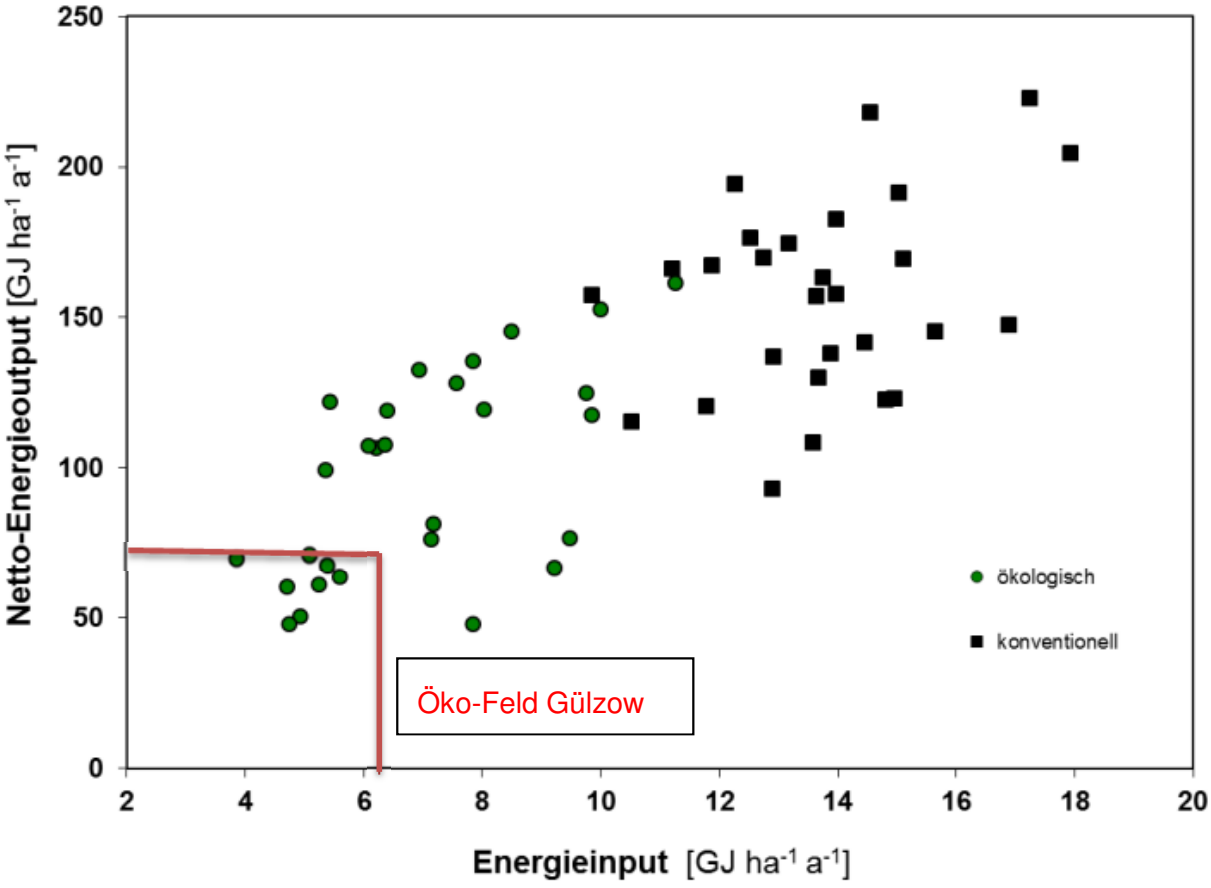


Abb. 30: Beziehung zwischen dem Energieinput (Einsatz fossiler Energie im Produktionsverfahren) und dem Nettoenergieoutput im Pflanzenertrag (Hülsbergen & Schmid et al. 2013)

3.7 Klimabilanz

Die Klimabilanz (Tab. 11) wird aus dem Energieeinsatz (direkter und indirekter, Emissionsäquivalente), der Emission (N_2O) und der Kohlenstoff-Sequestrierung (Humusaufbau/-abbau) errechnet. In der Auswertung ergibt sich für den Standort Gülzow ein Ausstoß von rund 560 kg CO_2 äqu/ha, was einer Menge von 17,43 kg CO_2/GE entspricht (Ertrag der Fruchtfolge 32,12 dt GE/ha). Im Vergleich mit Ergebnissen aus dem Projekt „Klimawirkungen und Nachhaltigkeit" liegt dieser Wert im optimalen Bereich und entspricht den Ergebnissen, die auch in einigen Öko-Betrieben mit Milchviehhaltung erreicht wurden (Schmid et al. 2012).

Tab. 11: Klimabilanzen (1999-2010) in der Fruchtfolge am Standort Gülzow (nach erweitertem REPRO- Bilanzierungsansatz)

	Öko-Feld Gülzow	Marktfrucht/ Milchvieh (Schmid et al. 2012)
	kg CO_2-äqu/ha	
Emission gesamt	**1298,97**	**1248/1235**
dav.: CO_2-Verbrauch Anbau	573,67	477/316
CO_2-äqu. N_2O-Emission	725,30	771/919
CO_2-Sequestion Humuspool	**-739,24**	**+49/-423**
Saldo	**559,73**	**1297/812**
Saldo CO2-äqu/GE	17,43	33/19
CO_2-Verbrauch je GJ (kg/GJ)	7,36	17/7

Diese positive Bilanz ist im Wesentlichen auf den Humusaufbau zurückzuführen. Auch wenn in den einzelnen Jahren diesbezüglich deutliche Unterschiede auftraten (Abb. 31), kann im Mittel der Jahre und der Fruchtfolge ein positives Ergebnis ausgewiesen werden. Der CO_2-Verbrauch je GJ ergibt sich aus der Summe des CO_2-Verbrauchs/ha (559,73 kg CO_2-äqu/ha) und der Energiebindung durch Haupt- und Nebenprodukt aus der Energiebilanz (76,02 GJ/ha). Als optimal wird von Späte (2013) ein Wert unter 12,5 kg/GJ angegeben, der in der Fruchtfolge am Standort Gülzow erreicht, ja sogar mit 7,36 kg/GJ deutlich unterschritten wird. Ein Vergleich mit den Ergebnissen aus der Analyse der Pilotbetriebe zeigt für das Öko-Feld Gülzow eine gute Übereinstimmung mit den Werten für Milchvieh/Gemischtbetriebe (Schmid et al. 2012).

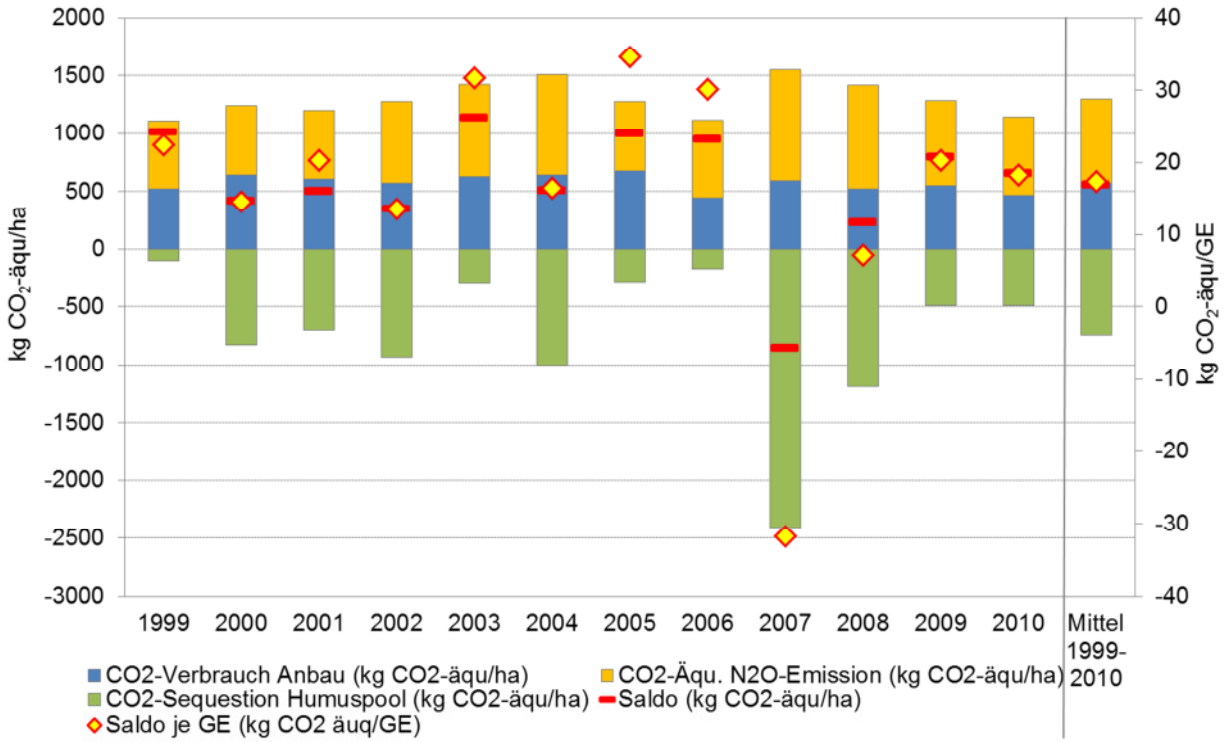


Abb. 31: Klimabilanz Öko-Feld Gülzow in Abhängigkeit vom Jahr

Die Untersuchung in den Pilotbetrieben (Späte, 2013) hat ergeben, dass Humusaufbau (CO_2-Senke) sich günstig auf die THG-Emission je Produkteinheit auswirkt. Insgesamt profitiert diesbezüglich der Öko-Landbau vom Anbau humusmehrender Fruchtarten wie Klee- und Luzernegras. Daher sind Böden der ökologischen Milchvieh/Gemischtbetriebe im Mittel der untersuchten Betriebe eine CO_2-Senke, die der konventionellen Marktfruchtbetriebe eine CO2-Quelle. Auch Öko-Marktfruchtbetriebe präsentieren sich diesbezüglich deutlich schlechter als ökologische Milchvieh/Gemischtbetriebe, wobei hier zu Recht auf die großen Unterschiede zwischen den Betrieben hingewiesen wird. Die Auswertung der Pilotbetriebe zeigt darüber hinaus einen klaren Zusammenhang zwischen Höhe der THG-Emission je Produkteinheit und der Humusmehrung. Je höher die THG-Emission je GE umso höher der Humusabbau und umso geringer die CO_2 –Sequestion (Hülsbergen & Schmid 2013). Das Öko-Feld Gülzow ordnet sich diesbezüglich im oberen Feld ein (Abb. 32).

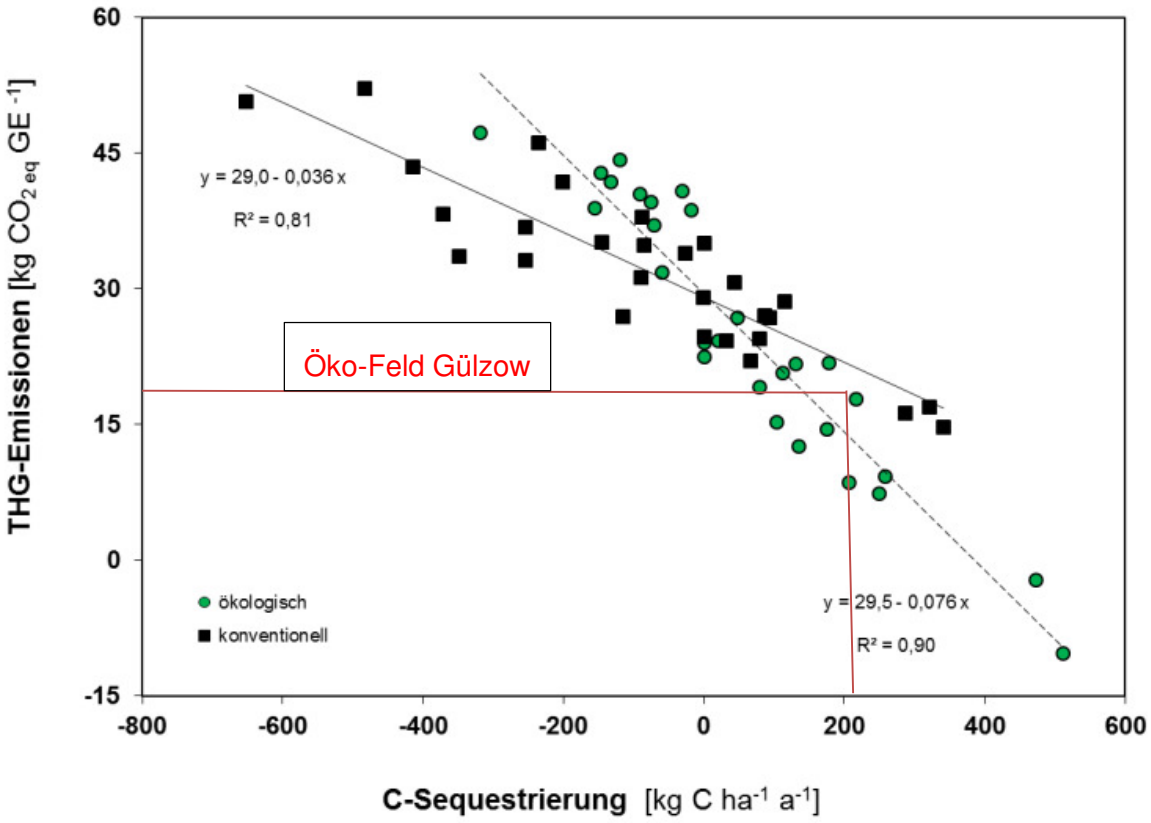


Abb. 32: Beziehung zwischen der C-Sequestrierung (C-Bindung im Humus) und den produktbezogenen Treibhausgasemissionen im Pflanzenbau (Hülsbergen & Schmid et al. 2013)

4 Schlussfolgerungen

Ertragsentwicklung

Im Mittel der Rotationen konnte keine nennenswerte Veränderung der Erträge nachgewiesen werden. Das bestätigt auch die seit längerer Zeit diskutierte Situation in Öko-Betrieben. Der starke Einfluss der Witterung macht sich in stark schwankenden Erträgen bemerkbar. Trotz steigender Kohlenstoffgehalte im Boden und einer effizienten N-Nutzung sind die Potentiale für die Ertragssteigerung bisher nicht nutzbar. Geeignete Intensivierungsmaßnahmen wurden in Parzellenversuchen außerhalb dieser Fruchtfolgebetrachtung geprüft und deren Wirtschaftlichkeit bewertet. Insbesondere die Wahl ertragsstarker Sorten bietet eine weitestgehend kostenneutrale Möglichkeit Ertragsreserven zu nutzen. Diese und neue Ansätze zur Ertragsverbesserung sollten auch weiter in Parzellenversuchen geprüft werden.

Entwicklung Nährstoffgehalte und pH-Werte im Boden

Die Nährstoffgehalte im Boden müssen weiter beobachtet werden, um Entwicklungen zu verfolgen. Bisher liegt kein Handlungsbedarf vor, so dass eine Düngung mit Grundnährstoffen nicht erforderlich scheint. Eine Ausnahme bildet der pH-Wert, der besonders auf den Schlägen 2 und 5 beobachtet werden muss. Hier kann in der nächsten Zeit eine Kalkung erforderlich werden. Angedacht ist auch die Anlage eines Versuches auf einem Schlag mit deutlich abnehmenden pH-Werten, um die Effekte der Kalkung zu prüfen. Derzeit laufen zwei Versuche zur Schwefeldüngung, um Auswirkungen auf die Schwefelgehalte im Boden und auf Ertrag und Qualität bei Leguminosen zu untersuchen.

Klimawirkungen und Nachhaltigkeit

Die Ergebnisse der Klimawirkung ergeben sich in erster Linie aus der Humus- und Energiebilanz. Um hierzu auch zukünftig aussagefähig zu sein und gegebenenfalls Bilanzen rechnen zu können, ist weiter eine gute Datenerfassung zum Anbau und den einzelnen Maßnahmen erforderlich. Die Bewertung mit dem Bilanzierungsprogramm REPRO stellt eine Möglichkeit dar die Auswirkungen der Bewirtschaftung zu beschreiben. Interessant erschien der Vergleich mit anderen Öko-Betrieben mit ähnlichen Bewirtschaftungsbedingungen. Hier zeigte sich, dass Versuchsbedingte Mehraufwendungen zu einer eher ungünstigen Energiebilanz beitragen. Eine Übertragung dieser Ergebnisse auf Praxisbetriebe ist also nur bedingt möglich. Dennoch stellt diese Auswertung Zahlenmaterial zur Verfügung, das für Planung- und Bilanzierungszwecke durchaus mit herangezogen werden kann. Der Zusammenhang zwischen Bewirtschaftung und Klimawirkung konnte zweifelsfrei nachgewiesen werden. Hier wird besonders auf die positive Wirkung des Humusaufbaus hingewiesen. Exaktere Informationen könnte ein Parzellendauerversuch liefern, der bisher aus Platz- und Kapazitätsgründen nicht angelegt werden konnte. Hier gilt es diesbezüglich Reserven an der Landesforschungsanstalt zu erschließen. Ähnlich müssen auch weiterführende Untersuchungen in Betrieben bewertet werden. Entsprechend der Vorgehensweise in Bayern (Schmid et al. 2012 a), können Betriebe aus dem Pilotbetriebsnetz des Projektes „Klimawirkungen und Nachhaltigkeit“ für Mecklenburg Vorpommern ausgewertet werden, um Aussagen auf drängenden Fragen geben zu können. Hier wäre auch die Ausdehnung der Erhebungen auf weitere ökologisch und konventionell wirtschaftende Betriebe erforderlich, um die Datenbasis zu erweitern.

Literaturverzeichnis

BROCK, CH.; LEITHOLD, G. (2011): Quantitative Erfassung der Stickstoffdynamik im System Boden-Pflanze unter Fruchtfolgen des ökologischen Landbaus zur Beurteilung des Zusammenhanges zwischen N-Bilanz und Humusreproduktion. Mitt. Gesell. Pflanzenbauwiss. 23: S. 199-200.

GRUBER, H. (2009): Entwicklung der Grundnährstoffversorgung in einem schwach lehmigen Sandboden Nordostdeutschlands nach langjähriger ökologischer Bewirtschaftung., Mitt. Gesell. Pflanzenbauwiss. 21: S. 123-124.

GRUBER, H. (2013): Mit Gärresten die Qualität von Öko-Winterweizen verbessern! Sortenratgeber der HaGe für Naturprodukte mbH Gut Rosenkrantz, im Druck

GRUBER, H.; ZENK, A. (2013): Sortenbericht 2012 der Landessortenversuche im ökologischen Landbau der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow

GRUBER, H.; THAMM, U. (2005): Standortspezifische Auswirkungen einer langjährigen ökologischen Bewirtschaftung auf acker- und pflanzenbauliche sowie umweltrelevante Parameter. Abschlussbericht Fo.-Nr. 22.04, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow

HÜLSBERGEN, K.-J. (2012): Humusaufbau als Chance im Klimawandel. 6. Niedersächsisches Fachforum Ökolandbau, 28.11.2012, Altwarmbüchen

HÜLSBERGEN, K.-J.; SCHMID, H. (2013): Energie und Treibhausgasbilanzierung in ökologischen und konventionellen Betriebssystemen. Wissenschaftliche Tagung, Klimawirkung und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Pilotbetriebe in Deutschland, Braunschweig 27.02.2013

Informationsmaterial zu: Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Pilotbetriebe in Deutschland http://www.pilotbetriebe.de/wissenstransfer.php

KAPE, E. (2013): Grundnährstoffversorgung in Öko-Betrieben – wo geht die Reise hin? Vortrag zum Tag des Ökologischen Landbaus in Gülzow am 06.06.2013. http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Oekologischer_Landbau/index.jsp?&artikel=2715, 12.06.2013

LEITHOLD, G.; BROCK, C. (2006): Humusbilanzierung im ökologischen Landbau. geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2006/3134/pdf/LeitholdGuenter-2006-07-28.pdf

BROCK, C.; HOYER, U.; LEITHOLD, G.; HÜLSBERGEN, K.-J. (2012): Entwicklung einer praxisanwendbaren Methode der Humusbilanzierung im ökologischen Landbau. Abschlussbericht, BÖL, FKZ: 03OE084/1 u. 03OE084/2

SCHMID, H.; BRAUN, M.; HÜLSBERGEN, K.-J. (2012): Treibhausgasbilanzen und ökologische Nachhaltigkeit der Pflanzenproduktion – Ergebnisse aus dem Netzwerk der Pilotbetriebe. In: Klimawandel und Nachhaltigkeit ökologisch und konventioneller Betriebssysteme –Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. 3. Zwischenbericht 20.05.2012

SCHMID, H.; BRAUN, M.;HÜLSBERGEN, K.-J. (2012 a): Klimawirksamkeit und Nachhaltigkeit von bayerischen landwirtschaftlichen Betrieben. In: Wiesinger, K. u. K. Cais (Hrsg.) Angewandte Forschung und Beratung für den öklogischen Landbau in Bayern. Öko-Landbautag 2012, Tagungsband.-Schriftenreihe der LfL 4/2012, 137-143

SCHULZ, R.-R. (2013): Beurteilung unterschiedlicher Blattdüngungsmaßnahmen im Winterraps. Abschlussbericht Fo.-Nr. 1.28, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow

SPÄTE, F. (2013): Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebssysteme. Ergebnisse aus dem Projekt Pilotbetriebe. Vortrag, Tellow Vortragveranstaltung 05.02.2013

TITZE, A. (2013): Einfluss von Pflanzenstärkungsmitteln auf Ertrag und Qualität von Getreide und Kartoffeln. Vortrag, Kolloquium der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

WEINFURTNER, K.; DREHER, P.; MATTHES, U.; GERL, G. (2001): Nährstoffbilanzierung auf der Versuchsstation Klostergut Scheyern mit Hilfe des Bilanzierungsmodells RE-PRO.VDLUFA-Schriftenreihe 57, Teil 2 :S. 246-254.

Überleitung

GRUBER, H.; U. THAMM (2008): Standortspezifische Auswirkungen einer langjährigen ökologischen Bewirtschaftung auf acker- und pflanzenbauliche sowie umweltrelevante Parameter. Forschungsbericht 22/04 der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV, Datenbank organic eprints, 2008-04-21

GRUBER, H. (2008): Ertragsentwicklung verschiedener Kulturen in der Fruchtfolge. Poster zum Feldtag ökologischer Landbau der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Juni 2008

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. (2009): Entwicklung der Grundnährstoffgehalte in einem schwach lehmigen Sandboden Nordostdeutschlands nach langjähriger ökologischer Bewirtschaftung. Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 21, 123-124

GRUBER, .H. (2009): Entwicklung der Grundnährstoffgehalte in einem schwach lehmigen Sandboden Nordostdeutschlands nach langjähriger ökologischer Bewirtschaftung. Poster, 52. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, 1.-3. September 2009 in Halle

HEYER, W.; GRUBER, H. UND CHRISTEN, O. (2009): Energetische Analyse ökologischer Anbausysteme auf sandigen Ackerbaustandorten – Der Fruchtfolgeversuch am Standort Gülzow. Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 21, 35-36 (2009)

GRUBER, H. (2009): Einfluss einer mineralischen Grundnährstoffdüngung mit im ökologischen Landbau zugelassenen Düngemitteln auf Boden- und Pflanzengehalte sowie Ertrag. Abschlussbericht 04/01 der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, http://lfamv.de/index.php?/content/view/full/7563

Anhang

Tab. A 1: Methoden zur Nährstoffuntersuchung in Boden, organischem Dünger und Pflanzen

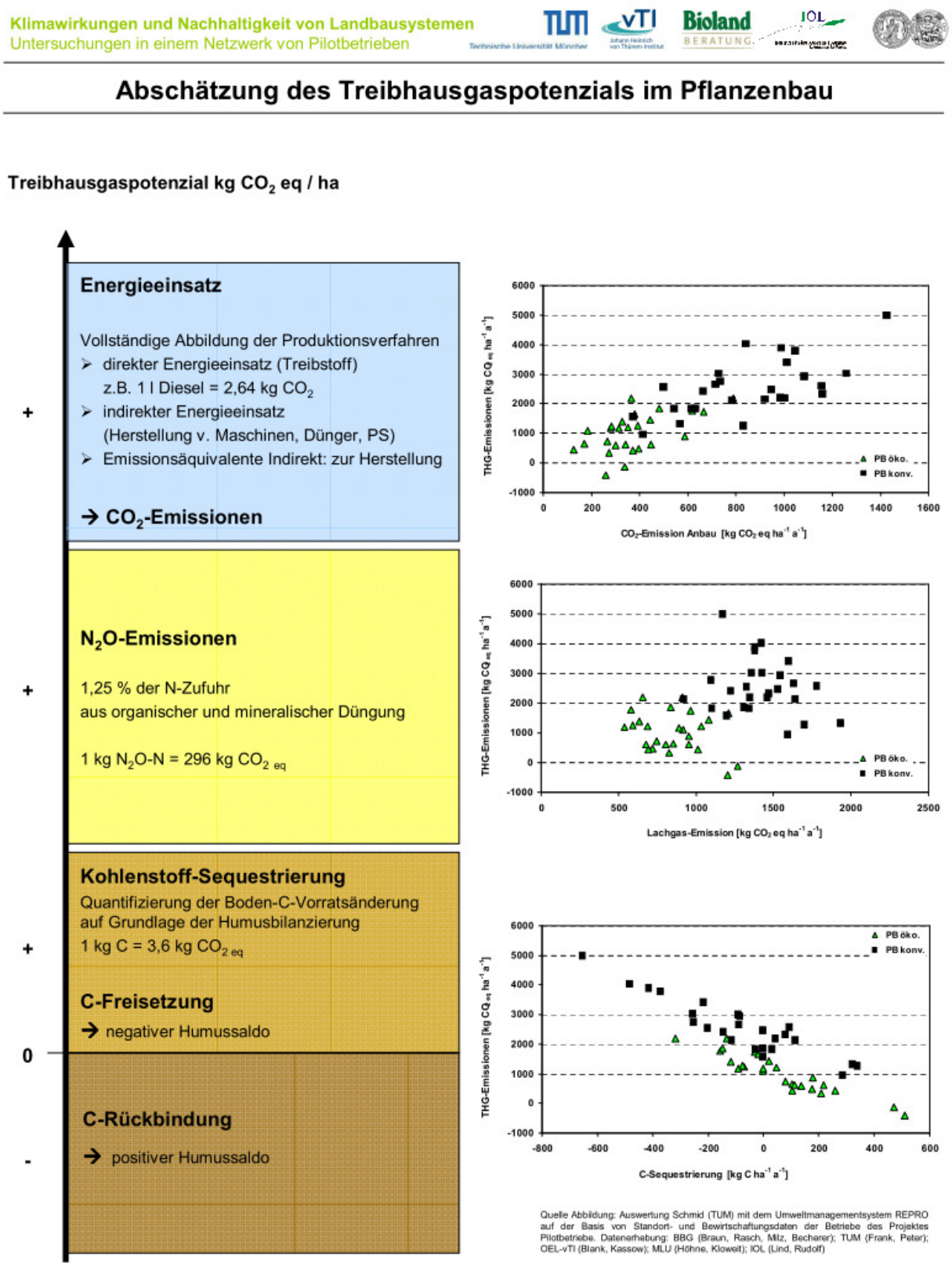
Boden und organische Dünger:

Parameter	**Methode**	
Boden		
pH-Wert	$CaCl_2$	VDLUFA I
Phosphor (P_2O_5)	DL	VDLUFA I
Kalium (K_2O)	DL	VDLUFA I
Magnesium (Mg)	DL	VDLUFA I
NO_3-Stickstoff	$CaCl_2$	VDLUFA I
NH_4-Stickstoff	$CaCl_2$	VDLUFA I
N_{min} gesamt	rechnerisch	VDLUFA I
C_t	Verbrennung nach Ströhlein	
N_t	Verbrennung nach Dumas	
organische Dünger		
Dung: TM, N, P_2O_5, K_2O, MgO	Paket	VDLUFA II
Gülle: TM, N, P_2O_5, K_2O, MgO	Paket	VDLUFA II

Pflanze:

Parameter	**Methode**
Phosphor (P)	Spektralphotometrische Bestimmung des P nach trockener Veraschung der Proben und anschließender Aufnahme der Asche mit HCl. Die Anfärbung der P-haltigen Lösung erfolgte mit Ammoniummolybdatlösung; die photometrische Messung des gelben Molybdato-Phosphorkomplexes wird bei 440 nm vorgenommen.
Magnesium (Mg)	Bestimmung des Mg in der salzsauren Aschelösung am Atomabsorptionsspektralphotometer (AAS) bei 285,2 nm.
Kalium (K)	Flammenphotometrische Bestimmung des Kaliums in der salzsauren Aschelösung.
Stickstoff (N)	nasse Veraschung, Bestimmung des Gesamt-N-Gehaltes nach Kjeldal

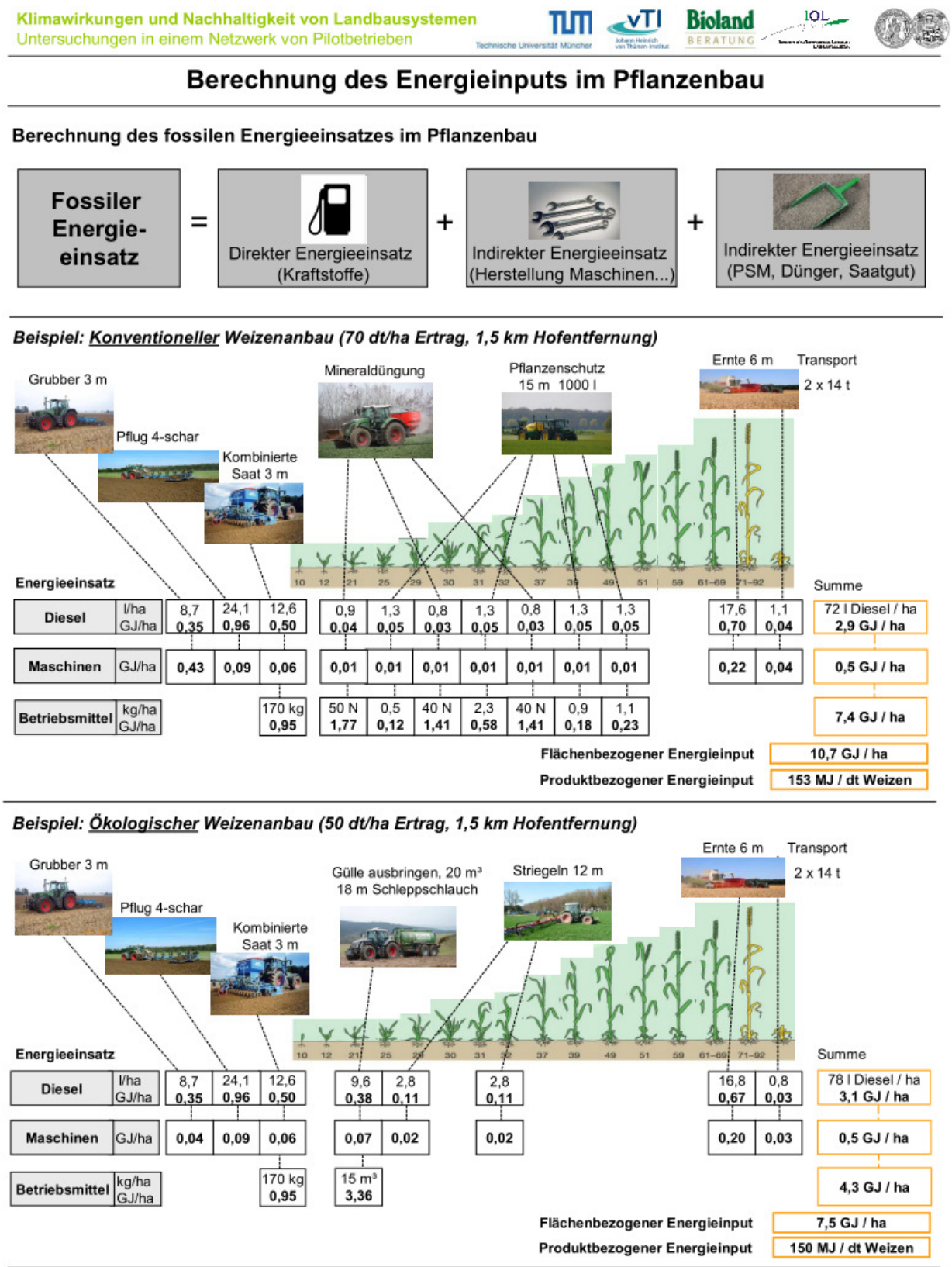
Abb. A 1:



Quelle Abbildung: Auswertung Schmid (TUM) mit dem Umweltmanagementsystem REPRO auf der Basis von Standort- und Bewirtschaftungsdaten der Betriebe des Projektes Pilotbetriebe. Datenerhebung: BBG (Braun, Rasch, Milz, Becherer); TUM (Frank, Peter); OEL-vTI (Blank, Kassow); MLU (Höhne, Kloweit); IOL (Lind, Rudolf)

Das Projekt wurde gefördert durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (06OE160 und 06OE353) sowie mit Sondermitteln zur nationalen Klimaberichterstattung des Johann Heinrich von Thünen Instituts. Projektpartner sind der Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme der Technischen Universität München, das Institut für Ökologischen Landbau im Johann Heinrich von Thünen-Institut, das Institut für Ökologischen Landbau der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, das Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, die Bioland Beratung GmbH

Abb. A 2:



Das Projekt wurde gefördert durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (06OE160 und 06OE353) sowie mit Sondermitteln zur nationalen Klimaberichterstattung des Johann Heinrich von Thünen Instituts. Projektpartner sind der Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme der Technischen Universität München, das Institut für Ökologischen Landbau im Johann Heinrich von Thünen-Institut, das Institut für Ökologischen Landbau der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, das Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, die Bioland Beratung GmbH

Abb. A 3:

Klimawirkungen und Nachhaltigkeit von Landbausystemen
Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben

Humusbilanzierung

Humus-Bilanzierung:

Humussaldo = Abschätzung der Veränderungen der Humusvorräte im Boden.

Humuszufuhr = Menge und Qualität der zugeführten organischen Substanz

-

Humusbedarf = Wirkung der Fruchtarten und Anbauverfahren

Bewertung:

-200	-75	+ 125	+ 300 kg Humus-C / ha und Jahr
A	B	C	D	E
extreme Unterversorgung	Unterversorgung	Optimalbereich	Überversorgung	Luxusversorgung

Bedeutung:

Ungünstige Beeinflussung von Bodenfunktionen und Ertrag

Humusabbau, Aushagerung
Geringe Ertragssicherheit,
abnehmende Puffer- und Regelungsfunktion des Bodens,
Zunahme der Erosionsgefahr

optimale Humusversorgung

Hohe Ertragssicherheit,
geringes Verlustrisiko (N)

Erhöhtes Risiko für N-Verluste Niedrige Stickstoffeffizienz

Besteht auch im Ökolandbau unter N-limitierenden Bedingungen der Zusammenhang zwischen hoher Humusversorgung und hohem N-Verlustpotenzial?

Gemessene und berechnete Humusmengen:

Humusbilanzierungsmethoden:

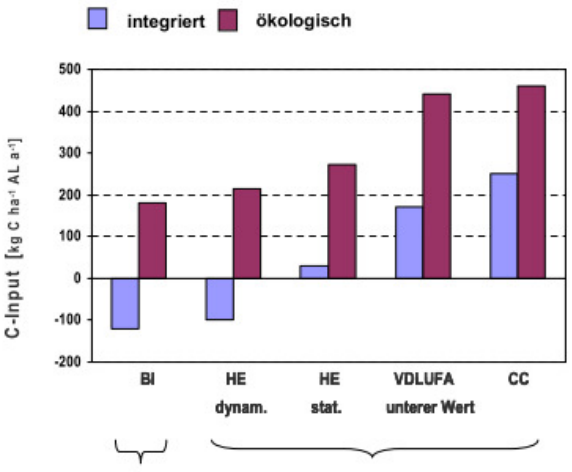
HE-Methode
dynamische Methode mit dynamischen Koeffizienten
(HE = 1 t Humus mit 580 kg C und 55 kg N)
Humusbedarf ist abhängig von Fruchtart, Bewirtschaftung, Ackerzahl, Ertrag, min. Düngung und Niederschlag

HE-Methode
statische Methode mit festen Koeffizienten
(HE = 1 t Humus mit 580 kg C und 55 kg N)
Humusbedarf ist abhängig von Fruchtart, Bewirtschaftung, Ackerzahl

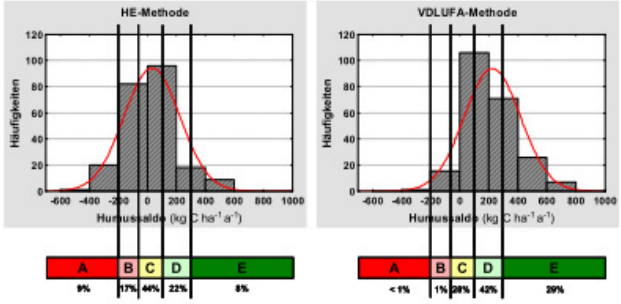
VDLUFA-Methode
feste Koeffizienten für den oberen und unteren Wert
Humusbedarf ist abhängig von Versorgungsgrad des Standortes mit Humus und der Intensität der Stickstoffdüngung.

Vorgabe nach Cross- Compliance
feste Koeffizienten
Humusbedarf in Anlehnung an den VDLUFA-Standpunkt.

Vergleich gemessener und berechneter Humusmengen:
(Beispiel Scheyern)



Verteilung berechneter Humussalden



n = 301 Betriebe
(227 konv. Betriebe,
74 ökol. Betriebe)

Quelle: Hülsbergen et al. (2005)

Das Projekt wurde gefördert durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (06OE160 und 06OE353) sowie mit Sondermitteln zur nationalen Klimaberichterstattung des Johann Heinrich von Thünen Instituts. Projektpartner sind der Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme der Technischen Universität München, das Institut für Ökologischen Landbau im Johann Heinrich von Thünen-Institut, das Institut für Ökologischen Landbau der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, das Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, die Bioland Beratung GmbH