Rüdiger Graß

Direkt- und Spätsaat von Silomais - Ein neues Anbausystem zur Reduzierung von Umweltgefährdungen und Anbauproblemen bei Optimierung der Erträge

Cuvillier Verlag Göttingen

UNIVERSITÄT KASSEL

FACHBEREICH ÖKOLOGISCHE AGRARWISSENSCHAFTEN

Direkt- und Spätsaat von Silomais - Ein neues Anbausystem zur Reduzierung von Umweltgefährdungen und Anbauproblemen bei Optimierung der Erträge

-Dissertation-

zur Erlangung des akademischen Titels

Doktor der Agrarwissenschaften (Dr. agr.)

vorgelegt dem

Institut für Nutzpflanzenkunde

Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau

von Rüdiger Graß

Gutachter: **Prof. Dr. Konrad Scheffer**

Prof. Dr. Jürgen Heß

Witzenhausen 2003

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.ddb.de abrufbar.
1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2003
Zugl.: Kassel, Univ., Diss., 2003
ISBN 3-89873-853-1

Vom Promotionsausschuss Dr. agr. als Dissertation angenommen.

Datum der Disputation: 04.07.2003

Referent:	Prof. Dr. Konrad Scheffer
Korreferent:	Prof. Dr. JürgenHeß
Berichterstatter:	Prof. Dr. Holger Wildhagen
	Prof. Dr. Norbert Lütke Entrup

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2003
Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen
Telefon: 0551-54724-0
Telefax: 0551-54724-21
www.cuvillier.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.
1. Auflage, 2003
Gedruckt auf säurefreiem Papier

ISBN 3-89873-853-1

"Es ist wichtiger, sich an einer Blüte zu erfreuen,

als sie unter´s Mikroskop zu bringen."

Oscar Wilde

"Das Gesetz der Liebe ist eine viel größere Wissenschaft

als jede andere moderne Wissenschaft."

Mahatma Gandhi

ABSTRAKT

Herkömmliche Maisanbausysteme führen häufig zu vielfachen Anbauproblemen und Umweltgefährdungen: Nitratauswaschung, Bodenerosion und ein hoher Aufwand für die Unkrautregulierung. Aufgrund dieser Probleme ist der Maisanbau im Ökologischen Landbau nicht stark verbreitet. Zugleich besteht dort ein großer Bedarf an einem energiereichen Grundfutter, so dass der Mais gut in den Ökologischen Landbau passen würde. Viele Strategien zur Lösung dieser Probleme führen oft zu neuen Problemen, sind häufig wirkungslos und meistens mit zusätzlichen Kosten verbunden. Das Zweikulturnutungssystem für Mais vermeidet diese Probleme. Als Erstkultur wird Ende September eine Wintererbse ausgesät. Nach der Ernte als Ganzpflanze Ende Mai wird der Mais im Direktsaatverfahren ohne Bodenbearbeitung gesät. Die Abreife des Mais mit einer guten Futterqualität ist durch den Anbau einer spätsaatverträglichen Maissorte möglich (*cv. Probat*). Die Ernte von zwei Kulturen in einem Jahr ermöglicht Gesamterträge zwischen 18und 20 t/ha und Jahr. Aufgrund der starken unkrautunterdrückenden Wirkung der Wintererbse ist im nachfolgenden Mais ein geringerer Aufwand für die Unkrautregulierung notwendig. Dies und die Direktsaat von Mais führen zu Kostensenkung und Gewinnsteigerung. Ferner sind die N_{min}-Gehalte im Boden zu auswaschungsgefährdeten Zeitpunkten gering und es besteht das ganze Jahr Erosionsschutz

ABSTRACT

Conventional maize cultivation systems often lead to various environmental and tillage problems: Nitrogen leaching, soil erosion and high expenditure in weed control. This is why only a few organic farms are cultivating maize. But most organic farms with cattle are in need of a lot of high energy feed. Therefore, maize would be appropriate for them. So far many efforts to solve these difficulties have failed. They have either caused new problems or were ineffective. In addition they were mostly connected with higher costs. The double cropping system for maize avoids these problems. The first crop, a winter pea, is sown at the end of September. After harvesting the winter pea as whole plant by the end of May the maize is sown directly without any tillage. The ripening of the late sown maize with a good quality of food is possible because of the cultivation of an appropriate maize cultivar (cv. Probat). The harvest of two crops during one year enables a yield of 18-20 t dm/ha per annum. Moreover, due to the high ability of the winter pea to suppress weed there is less need for weed control in the maize. This and the maize seed without any tillage reduce the costs and increase the profit. Furthermore, there are low amounts of nitrogen in the soil after the maize harvest and there is protection against soil erosion throughout the year.

INHALTSVERZEICHNIS

Tabellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

1 Einleitung I

2 Systemvergleich 2

2.1 Der Zwischenfruchtanbau 4

2.2 Reduzierte Bodenbearbeitung 4

2.3 Untersaat im Mais 5

2.4 Maiswiese 6

2.5 Gleichstandssaat 7

3 Beschreibung des Anbausystems und Arbeitshypothesen 8

4 Material und Methoden 13

4.1 Feldversuchsstandorte 13

4.1.1 Schmalenbeck (1998/99) 14

4.1.1.1 Witterung 14

4.1.2 Holzbeck (1999/2000) 15

4.1.2.1 Witterung 16

4.1.3 Meierbreite, Hebenshausen (2000/2001) 17

4.1.3.1 Witterung 18

4.1.4 Kleines Feld (2001/2002) 19

4.1.4.1 Witterung 20

4.2 Versuchsanlage 21

4.3 Versuchsdurchführung 22

4.3.1 Schmalenbeck, 1998/1999 22

4.3.2 Holzbeck, 1999/2000 24

4.3.3 Meierbreite, 2000/2001 26

4.3.4 Kleines Feld, 2001/2002 29

4.4 Untersuchungsmethoden 31

4.4.1 Ertragsermittlung 31

4.4.2 Futterwertuntersuchung 32

4.4.3 Bonituren....32
4.4.4 Bodenproben....33
4.4.5 N_{min}-Analyse....34
4.4.6 Stickstoff-Dynamik....34
4.4.7 Statistische Auswertung....35
4.4.8 Betriebswirtschaftliche Berechnungen - Deckungsbeitragsrechnungen....35
4.4.9 Sortenscreening zur Spätsaatverträglichkeit von Silomais....36

5 Ergebnisse 37
5.1 Erträge und Futterwert der Erstkulturen.... 37
5.1.1 Wintererbsen – Standort Frankenhausen....37
5.1.3 Standort Hebenshausen....39
5.2 Erträge und Futterwert bei Silomais.... 40
5.2.1 Schlag Schmalenbeck, Standort Frankenhausen 1998/1999....40
5.2.2 Schlag Holzbeck, Standort Frankenhausen 1999/2000....43
5.2.3 Schlag Meierbreite, Standort Hebenshausen 2000/2001....46
5.2.4 Schlag Kleines Feld, Standort Frankenhausen 2001/2002....49
5.2.5 Erträge des Sortenscreenings zur Spätsaatverträglichkeit....52
5.3 Gesamtflächenerträge pro Jahr.... 53
5.3.1 Schlag Schmalenbeck, Standort Frankenhausen 1999....53
5.3.2 Schlag Holzbeck, Standort Frankenhausen 2000....54
5.3.4 Schlag Kleines Feld, Standort Frankenhausen 2002....56
5.4 Boniturdaten Maisentwicklung 56
5.5 Unkrautbonitur und Bestandespflege 62
5.5.1 Schlag Schmalenbeck, Standort Frankenhausen 1998/99....63
5.5.2 Schlag Holzbeck, Standort Frankenhausen, 1999/2000....65
5.5.3 Schlag Meierbreite, Standort Hebenshausen 2000/2001....67
5.5.4 Schlag Kleines Feld, Standort Frankenhausen 2001/2002....68
5.6 Stickstoffdynamik 70
5.6.1 Schlag Schmalenbeck, Standort Frankenhausen 1998/1999....70
5.6.1.2 N_{min}-Dynamik im Boden....70
5.6.1.3 Stickstoffdynamik bei Mais....71
5.6.2 Schlag Holzbeck, Standort Frankenhausen 1999/2000....73
5.6.2.1 Nmin-Dynamik im Boden....73

5.6.2.2 Stickstoffdynamik bei Mais....75
5.6.3 Schlag Meierbreite, Standort Hebenshausen, 2000/2001....78
5.6.3.1 N_{min}-Dynamik im Boden....78
5.6.3.2 Stickstoffdynamik bei Mais....80
5.6.4 Schlag Kleines Feld, Standort Frankenhausen 2001/2002....82
5.6.4.1 N_{min}-Dynamik im Boden....82
5.6.4.2 Stickstoffdynamik bei Mais....84
5.7 Betriebswirtschaftliche Berechnungen.... 86
5.7.1 Schlag Schmalenbeck, Standort Frankenhausen 1998/1999....87
5.7.2 Schlag Holzbeck, Standort Frankenhausen 1999/2000....90
5.7.3 Schlag Meierbreite, Standort Hebenshausen 2000/2001....93
5.7.4 Schlag Kleines Feld, Standort Frankenhausen 2001/2002....96

6 Diskussion 99
6.1 Auswirkung des Anbausystems auf den Maisertrag 99
6.2 Erträge und Futterwert der Erstkulturen.... 109
6.2.1 Energetische Verwertung der Wintererbsen....110
6.3 Gesamterträge.... 111
6.4 Stickstoffdynamik 111
6.5 Unkrautentwicklung, Bodenbearbeitung und Erosionsschutz.... 116
6.6 Betriebswirtschaftliche Berechnungen.... 120
6.7 Schlussfolgerung 122

7 Zusammenfassung 124
8 Literaturverzeichnis 127
9 Anhang

Tabellenverzeichnis

Tab.1: Vergleichende Bewertung unterschiedlicher Maisanbausysteme hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Umweltaspekte, Unkrautbesatz im Mais, Kosten, Arbeitsaufwand und Ansprüche der Maispflanzen. 3

Tab. 2: Entwicklungsverlauf (nach SCHÜTTE und MEIER, 1981, zit. in ZSCHEISCHLER et al., 1990) einiger 1998 im Sortenscreening getesteten Maissorten im Zeitraum vom 05.08. bis 01.09., Aussaat 28.05.1998, (GRAß 1999). 11

Tab. 3: Ergebnisse der Gülleanalysen für die Düngung in den einzelnen Untersuchungsjahren. 22

Tab. 4: Arbeitsgänge und die Zeitpunkte ihrer Durchführung auf dem Schlag „Schmalenbeck“ bei den Varianten Silomais nach Wintererbsen bzw. nach WE/Ro-Gemenge Frankenhausen, 1998/1999. 23

Tab. 5: Arbeitsgänge und die Zeitpunkte ihrer Durchführung auf dem Schlag „Holzbeck“ bei den Varianten Silomais nach Wintererbsen bzw. nach WE/Ro-Gemenge, Frankenhausen 1999/2000. 25

Tab. 6: Arbeitsgänge und die Zeitpunkte ihrer Durchführung auf dem Schlag „Holzbeck“ bei der Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“, Frankenhausen 1999/2000.. 26

Tab. 7: Arbeitsgänge und die Zeitpunkte ihrer Durchführung auf dem Schlag „Meierbreite“ bei den Varianten Silomais nach Wintererbsen bzw. nach WE/Ro-Gemenge, Hebenshausen 2000/2001. 28

Tab. 8: Arbeitsgänge und die Zeitpunkte ihrer Durchführung auf dem Schlag “Meierbreite“ bei der Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“, Hebenshausen 2000/2001. 29

Tab. 9: Arbeitsgänge und die Zeitpunkte ihrer Durchführung auf dem Schlag „Kleines Feld“ bei den Varianten Silomais nach Wintererbsen bzw. nach WE/Ro-Gemenge, Frankenhausen 2001/2002. 30

Tab. 10: Arbeitsgänge und die Zeitpunkte ihrer Durchführung auf dem Schlag „Kleines Feld“ bei der Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“, Frankenhausen 2001/2002. 31

Tab. 11: Wintererbsenerträge (Ganzpflanzenernte) und Futterwertparameter am Standort Frankenhausen, 1999, 2000 und 2002. 37

Tab. 12: Erträge und Futterwertparameter bei Ganzpflanzenernte von Winterbsen-Roggengemenge am Standort Frankenhausen 1999, 2000, 2002. 38

Tab. 13: Erträge und Futterwertparameter bei der Ganzpflanzenernte von Wintererbsen und von Wintererbsen-Roggengemenge, Hebenshausen, 2001. 39

Tab. 14: Silomaiserträge und Ertragsparameter nach den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) mit verschiedenen N-Düngungsstufen (0, 40, 80 kg N/ha) über Gülle, Frankenhausen 1999. 41

Tab. 15: Energiedichte, Energieerträge und Rohproteingehalt von Silomais nach den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) mit verschiedenen N-Düngungsstufen (0, 40, 80 kg N/ha) über Gülle, Frankenhausen 1999. 42

Tab. 16: Silomaiserträge und Ertragsparameter nach den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) mit verschiedenen N-Düngungsstufen (0, 40, 80 kg N/ha) über Gülle und der Vergleichsvariante „in Hauptfruchtstellung“, Frankenhausen, 2000. 44

Tab. 17: Energiedichte, Energieerträge und Rohproteingehalt von Silomais nach den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) mit verschiedenen N-Düngungsstufen (0, 40, 80 kg N/ha) über Gülle und der Vergleichsvariante „in Hauptfruchtstellung“, Frankenhausen 2000. 45

Tab. 18: Silomaiserträge und Ertragsparameter nach der Vorfrucht Wintererbsen (WE) mit verschiedenen N-Düngungsstufen (0, 40, 80 kg N/ha) über Gülle und der Vergleichsvariante „in Hauptfruchtstellung“, Hebenshausen 2001. 47

Tab. 19: Energiedichte, Energieerträge und Rohproteingehalt von Silomais nach der Vorfrucht Wintererbsen (WE) mit verschiedenen N-Düngungsstufen (0, 40, 80 kg N/ha) über Gülle und der Vergleichsvariante „in Hauptfruchtstellung“, Hebenshausen 2001.. 48

Tab. 20: Silomaiserträge und Ertragsparameter nach den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) mit verschiedenen N-Düngungsstufen (0, 40, 80 kg N/ha) über Gülle und der Vergleichsvariante „in Hauptfruchtstellung“, Frankenhausen 2002. 50

Tab. 21: Energiedichte und Energieerträge von Silomais nach den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) mit verschiedenen N-Düngungsstufen (0, 40, 80 kg N/ha) über Gülle und der Vergleichsvariante „in Hauptfruchtstellung“, Frankenhausen 2002. 51

Tab. 22: Entwicklungsverlauf von Silomais nach Wintererbsen- bzw. Wintererbsen- Roggen-Vorfrucht (nach SCHÜTTE und MEIER, 1981, zit. in ZSCHEISCHLER et al., 1990), Frankenhausen 1999. 57

Tab. 23: Entwicklungsverlauf von Silomais nach Wintererbsen- bzw. Wintererbsen- Roggen-Vorfrucht und in Hauptfruchtstellung (nach SCHÜTTE und MEIER, 1981, zit. in ZSCHEISCHLER et al., 1990), Frankenhausen 2000. 58

Tab. 24: Entwicklungsverlauf von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht (WE) und in Hauptfruchtstellung (nach SCHÜTTE und MEIER, 1981, zit. in ZSCHEISCHLER et al., 1990), Hebenshausen 2001. 60

Tab. 25: Entwicklungsverlauf von Silomais nach Wintererbsen- bzw. Wintererbsen- Roggen-Vorfrucht und in Hauptfruchtstellung (nach SCHÜTTE und MEIER, 1981, zit. in ZSCHEISCHLER et al., 1990), Frankenhausen 2002. 61

Tab. 26: Pflanzen-N-Gehalte (kg/ha) in den Vorfrüchten Wintererbsen (WE), Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) als Vor- und in der Folgefrucht Mais bei unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg/ha) zu verschiedenen Zeitpunkten, Frankenhausen 1999. 73

Tab. 27: Pflanzen-N-Gehalte (kg/ha) in den Vorfrüchten Wintererbsen (WE), Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) als Vor- und in der Folgefrucht Mais bei unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg/ha) und bei Silomais in Hauptfruchtstellung zu verschiedenen Zeitpunkten. Frankenhausen 2000. 77

Tab. 28: Pflanzen-N-Gehalte (kg/ha) in den Vorfrüchten Wintererbsen (WE), Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) als Vor- und in der Folgefrucht Mais bei unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg/ha) und bei Silomais in Hauptfruchtstellung zu verschiedenen Zeitpunkten. Hebenshausen 2001. 81

Tab. 29: Pflanzen-N-Gehalte (kg/ha) in den Vorfrüchten Wintererbsen (WE), Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) als Vor- und in der Folgefrucht Mais bei unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg/ha) und bei Silomais in Hauptfruchtstellung zu verschiedenen Zeitpunkten, Frankenhausen 2002. 86

Tab. 30: Kennzahlen der vollständigen Deckungsbeitragsrechnung für die Varianten mit 80 kg N-Düngung/ha, Frankenhausen 1998/1999..... 87

Tab. 31: Kennzahlen der Deckungsbeitragsrechnung für Silomais der Varianten mit 80 kg N-Düngung/ha, Frankenhausen 1998/1999..... 89

Tab. 32: Kennzahlen der vollständigen Deckungsbeitragsrechnung für die Varianten mit 80 kg N-Düngung/ha, Frankenhausen 1999/2000..... 90

Tab. 33: Kennzahlen der Deckungsbeitragsrechnung für Silomais der Varianten mit 80 kg N-Düngung/ha, Frankenhausen 1999/2000..... 92

Tab. 34: Kennzahlen der vollständigen Deckungsbeitragsrechnung für die Varianten mit 80 kg N-Düngung/ha, Hebenshausen 2000/2001..... 93

Tab. 35: Kennzahlen der Deckungsbeitragsrechnung für Silomais der Varianten mit 80 kg N-Düngung/ha, Hebenshausen 2000/2001..... 95

Tab. 36: Kennzahlen der vollständigen Deckungsbeitragsrechnung für die Varianten mit 60 kg N-Düngung/ha, Frankenhausen 2001/2002..... 96

Tab. 37: Kennzahlen der Deckungsbeitragsrechnung für Silomais der Varianten mit 60 kg N-Düngung/ha, Frankenhausen 2001/2002..... 98

Tab. 38: Korrelationskoeffizienten N-Düngung zu Maisertrag der Varianten mit Wintererbsenvorfrucht und 40 bzw. 80 kg N-Düngung und der Varianten mit Wintererbsen-Roggenvorfrucht mit 40 bzw. 80 kg N-Düngung..... 106

Tab. 39: Zeitlicher Verlauf der Nährstoffaufnahme bei Mais in % der Gesamtaufnahme (INRA, zit. in Fritsch, 1999). 114

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Schematische Darstellung des herkömmlichen Maisanbaus und der „Direkt- und Spätsaat von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht“. 9

Abb. 2: Erträge der im Screening getesteten Silomaissorten, Saattermin: 28.05.1998, (GRAß, 1999). 10

Abb. 3: Temperaturverlauf im Untersuchungszeitraum 1998/1999 und langjährige mittlere Temperatur, Frankenhausen. 14

Abb. 4: Niederschlagsmengen im Untersuchungszeitraum 1998/1999 und langjährige Durchschnittswerte, Frankenhausen. 15

Abb. 5: Temperaturverlauf im Untersuchungszeitraum 1999/2000 und langjährige mittlere Temperatur, Frankenhausen. 16

Abb. 6: Niederschlagsmengen im Untersuchungszeitraum 1999/2000 und langjährige Durchschnittswerte, Frankenhausen. 17

Abb. 7: Temperaturverlauf im Untersuchungszeitraum 2000/2001 und langjährige mittlere Temperatur, Hebenshausen. 18

Abb. 8: Niederschlagsmengen im Untersuchungszeitraum 2000/2001 und langjährige Durchschnittswerte, Hebenshausen. 19

Abb. 9: Temperaturverlauf im Untersuchungszeitraum 2001/2002 und langjährige mittlere Temperatur, Frankenhausen. 20

Abb. 11: Silomaiserträge nach den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) bei unterschiedlicher N-Düngung über Gülle, Standort Frankenhausen, 1999. 40

Abb. 12: Silomaiserträge nach den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) bzw. Wintererbsen-Roggen-Gemenge (WE/Ro) bei unterschiedlicher N-Düngung über Gülle und Silomais in Hauptfruchtstellung (Vergleich). Frankenhausen 2000. 43

Abb. 13: Silomaiserträge nach den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) bzw. Wintererbsen-Roggen-Gemenge (WE/Ro) bei unterschiedlicher N-Düngung über Gülle und Silomais in Hauptfruchtstellung (Vergleich), Hebenshausen 2001. 46

Abb. 14: Silomaiserträge nach den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) bzw. Wintererbsen-Roggen-Gemenge (WE/Ro) bei unterschiedlicher N-Düngung über Gülle und Silomais in Hauptfruchtstellung (Vergleich). Frankenhausen 2002. 49

Abb. 15: Silomaiserträge (dt TM/ha) von vier Sorten bei den Saatzeitpunkten Anfang und Ende Mai, Hebenshausen, 2001. 52

Abb. 16: Silomaiserträge (dt TM/ha) von vier Sorten bei den Saatzeitpunkten Anfang und Ende Mai, Hebenshausen, 2002. 52

Abb. 17: Gesamtflächenerträge in dt TM/ha und Jahr von Silomais und den Erstkulturen Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) bei unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg N/ha über Gülle), Frankenhausen 1999. 53

Abb. 18: Gesamtflächenerträge in dt TM/ha und Jahr von Silomais und den Erstkulturen Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) bei unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg N/ha über Gülle) und der Vergleichsvariante „in Hauptfruchtstellung“ mit 80 kg N/ha, Frankenhausen 2000. 54

Abb. 19: Gesamtflächenerträge in dt TM/ha und Jahr von Silomais nach der Erstkultur Wintererbse (WE) bei unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg N/ha über Gülle) und der Vergleichsvariante „in Hauptfruchtstellung“ mit 80 kg N/ha, Hebenshausen 2001.. 55

Abb. 20: Gesamtflächenerträge in dt TM/ha und Jahr von Silomais und den Erstkulturen Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) bei unterschiedlicher N-Düngung (0, 30, 60 kg N/ha über Gülle) und der Vergleichsvariante „in Hauptfruchtstellung“ mit 80 kg N/ha, Frankenhausen 2002. 56

Abb. 21: Unkrautbedeckungsgrade bei den Erstkulturen Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro), Frankenhausen, 1998/1999. 63

Abb. 22: Unkrautbedeckungsgrad und Zeitpunkte der Unkrautregulierung bei Silomais nach Wintererbsen(WE)- und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro), Frankenhausen, 1999. 64

Abb. 23: Unkrautbedeckungsgrade bei den Erstkulturen Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro), Frankenhausen, 1999/2000. 65

Abb. 24: Unkrautbedeckungsgrad und Zeitpunkte der Unkrautregulierung bei Silomais nach Wintererbsen(WE)- und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro), Frankenhausen, 2000. 66

Abb. 25: Unkrautbedeckungsgrade bei den Erstkulturen Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro), Hebenshausen, 2000/2001. 67

Abb. 26: Unkrautbedeckungsgrad und Zeitpunkte der Unkrautregulierung bei Silomais nach Wintererbsen(WE)- und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro), Hebenshausen, 2001. 67

Abb. 27: Unkrautbedeckungsgrade bei den Erstkulturen Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro), Frankenhausen, 2001/2002. 68

Abb. 28: Unkrautbedeckungsgrad und Zeitpunkte der Unkrautregulierung bei Silomais nach Wintererbsen(WE)- und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro), Frankenhausen, 2002. 69

Abb. 29: N_{min}-Gehalte in 0-90 cm Bodentiefe bei den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) in Reinsaat und im Gemenge mit Roggen (WE/Ro) und bei der Folgefrucht Mais mit unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg N/ha), Frankenhausen 1998/1999. 70

Abb. 30: Gesamtmenge an pflanzenverfügbarem N (Boden + Spross) und N_{min}-Gehalte in 0-90 cm Bodentiefe bei Silomais nach Wintererbsen (WE)- und Wintererbsen-Roggenvorfrucht (WE/Ro) mit unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg/ha) über Gülle, Frankenhausen 1999. 71

Abb. 31: N_{min}-Gehalte in 0-90 cm Bodentiefe bei den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) in Reinsaat und im Gemenge mit Roggen (WE/Ro), bei der Folgefrucht Mais mit unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg N/ha) und bei der Vergleichsvariante, Frankenhausen 1999/2000. 73

Abb. 32: Gesamtmenge an pflanzenverfügbarem N (Boden + Spross) und N_{min}-Gehalte in 0-90 cm Bodentiefe bei Silomais nach Wintererbsen (WE)- und Wintererbsen-Roggenvorfrucht (WE/Ro) mit unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg/ha) und bei der Vergleichsvariante mit 80 kg N-Düngung über Gülle, Frankenhausen 2000. 75

Abb. 33: N_{min}-Gehalte in 0-90 cm Bodentiefe bei den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) in Reinsaat und im Gemenge mit Roggen (WE/Ro), bei der Folgefrucht Mais mit unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg N/ha) und bei der Vergleichsvariante, Hebenshausen 2000/2001 78

Abb. 34: Gesamtmengen an pflanzenverfügbarem N (Boden + Spross) und N_{min}-Gehalte in 0-90 cm Bodentiefe bei Silomais nach Wintererbsenvorfrucht (WE) mit unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg/ha) und bei der Vergleichsvariante mit 80 kg N-Düngung über Gülle, Hebenshausen 2001. 80

Abb. 35: N_{min}-Gehalte in 0-90 cm Bodentiefe bei den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) in Reinsaat und im Gemenge mit Roggen (WE/Ro), bei der Folgefrucht Mais mit unterschiedlicher N-Düngung (0, 30, 60 kg N/ha) und bei der Vergleichsvariante, Frankenhausen 2001/2002 82

Abb. 36: Gesamtmengen an pflanzenverfügbarem N (Boden + Spross) und N_{min}-Gehalte in 0-90 cm Bodentiefe bei Silomais nach Wintererbsen (WE)- und Wintererbsen-Roggenvorfrucht (WE/Ro) mit unterschiedlicher N-Düngung (0, 30, 60 kg/ha) und bei der Vergleichsvariante mit 60 kg N-Düngung über Gülle, Frankenhausen 2002. 84

Abkürzungsverzeichnis

AKh	Arbeitskraftstunde
C	Kohlenstoff
dt	Dezitonne
GJ	Gigajoule
ha	Hektar
LSD	Least Significant Difference
LUFA	Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt
MJ NEL	Megajoule Netto Energie-Laktation
N	Stickstoff
N_{min}	mineralischer Stickstoff: Nitrat (NO_3) und Ammonium (NH_4)
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanz
WE	Wintererbse
WE 0	Wintererbsenvorfrucht ohne N-Düngung zu Mais
WE 40	Wintererbsenvorfrucht mit 40 kg N-Düngung/ha zu Mais
WE 80	Wintererbsenvorfrucht mit 80 kg N-Düngung/ha zu Mais
WE/Ro	Wintererbsen/Roggen-Gemenge
WE/Ro 0	Wintererbsen/Roggen-Gemenge ohne N-Düngung zu Mais
WE/Ro 40	Wintererbsen/Roggen-Gemenge mit 40 kg N-Düngung/ha zu Mais
WE/Ro 80	Wintererbsen/Roggen-Gemenge mit 80 kg N-Düngung/ha zu Mais

1 Einleitung

Im Ökologischen Landbau hat der Maisanbau mit einem Flächenanteil von ca. 3 % bisher nur eine geringe Bedeutung. Zugleich besteht ein großer Bedarf an einem energiereichen Grundfutter in der Rinderhaltung (BENKE und MARTENS, 2001), so dass der Silomais gut in den Ökologischen Landbau passen würde. Ferner ist Mais im Vergleich zu anderen Kulturpflanzen eine relativ gesunde Pflanze, die nur von wenigen Schadorganismen gefährdet wird (GIENAPP, 2001). Daher wächst das Interesse am Silomaisanbau in der Praxis und nimmt durch die Ausweitung des Ökologischen Landbaus und der damit verbundenen zunehmenden Umstellung konventionell wirtschaftender Betriebe weiter zu (HEß und GRAß, 2001). Bei diesen Betrieben war der Silomais in den bisherigen Futterrationen eine bedeutende Komponente, die diese auch bei ökologischer Wirtschaftsweise nutzen wollen. Die geringe Verbreitung des Silomaisanbaus im Ökologischen Landbau hängt vor allem mit Umweltgefährdungen und Anbauproblemen herkömmlicher Anbausysteme zusammen:

- fehlende Bodenbedeckung über Winter vor der Maissaat – Bodenerosion und Stickstoffauswaschung
- Bodenerosion und N-Austrag nach der Maissaat
- hohe Reststickstoffgehalte nach der Maisernte – Gefahr der Stickstoffauswaschung
- aufwändige und schwierige Unkrautregulierung
- geringe Erträge aufgrund unzureichender Stickstoffversorgung.

Auch wenn dem Ökologischen Landbau aufgrund seiner Konzeption generell eine positivere Umweltwirkung als anderen Landbausystemen attestiert wird (HEß et al., 1992), können dennoch die genannten Umweltgefährdungen auftreten (KAINZ et al., 2003; BEIN et al., 2001). Für eine Ausweitung des Maisanbaus und damit einer Verbesserung der Grundfutterbasis der landwirtschaftlichen Betriebe ist daher eine Lösung der dargestellten Probleme dringend notwendig. Bisherige Maßnahmen zur Reduzierung dieser Probleme stammen aus dem konventionellen Landbau und sind in ihrer Wirksamkeit vielfach begrenzt (VAN DIJK et al., 1997) bzw. mit zusätzlichen Kosten verbunden, so dass sie in der landwirtschaftlichen Praxis nur begrenzt umgesetzt werden. Ferner führt ihre Anwendung im Ökologischen Landbau häufig zu weiteren Problemen, wie im Laufe der Arbeit gezeigt werden soll.

Daher müssen für den Ökologischen Landbau neue Ideen für innovative Anbausysteme entwickelt werden, die neben ökologischen auch ökonomische Aspekte berücksichtigen. Nur solche Anbausysteme, die ökonomisch keinen Nachteil darstellen, werden Eingang in die landwirtschaftliche Praxis finden (FRANKEN, 2001). Ferner besteht dann auch die Chance, dass Innovationen aus dem Ökologischen Landbau von der konventionellen Landwirtschaft übernommen werden und zu deren Ökologisierung beitragen.

Das Anbausystem „Direkt- und Spätsaat von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht“ stellt ein solch innovatives Anbausystem dar. Inwieweit es zur Reduzierung bzw. Lösung der aufgezeigten Problematik beitragen kann und wie es sich ökonomisch im Vergleich zu herkömmlichen Anbausystemen auswirkt, ist Gegenstand der Untersuchungen dieser Arbeit.

2 Systemvergleich

Zur Lösung der in Kap. 1 geschilderten Problematik wurden in Wissenschaft und Praxis unterschiedliche Strategien entwickelt. In Tab. 1 werden diese vergleichend mit dem üblichen Anbausystem „Herbst-/Frühjahrspflugfurche“ dargestellt und im Folgenden näher erläutert.

Tab.1: Vergleichende Bewertung unterschiedlicher Maisanbausysteme hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Umweltaspekte, Unkrautbesatz im Mais, Kosten, Arbeitsaufwand und Ansprüche der Maispflanzen.

Anbausystem, -strategie		**Bodenerosion**		**Nitratauswaschung**			**Unkrautbesatz im Mais/ Konkurrenz**	**Arbeits-aufwand**	**Kos-ten**	**Mais-Ansprü-che***
		vor der Maissaat	**nach der Maissaat**	**vor der Maissaat**	**nach der Maissaat**	**Nachernte**				
Zwischenfrucht-anbau	abfrierend	++	+ -	+ -	-	0	-	--	--	-
	winterhart	++	-	++	-	0	--	--	- +	-
Reduzierte Boden-bearbeitung	Mulchsaat	0	++	0	+	0	--	++	++	-
	Direktsaat	0	++	0	+	0	--	++	++	-
Untersaat im Mais	früh	0	+	0	+	+ -	--	-	-	0
	spät	0	0	0	0	+	-	-	-	0
Maiswiese		++	++	++	++	++	--	--	--	-
Gleichstandssaat		0	0 +	0	+	0	+	0 -	0	0
Herbst-/Frühjahrspflugfurche		--	--	--	-	0	+	--	- +	+ +

* Ansprüche an hohe Bodentemperatur zur Keimung

0 ohne Bedeutung
- eher negative Auswirkung; höherer Besatz/Konkurrenz, Arbeitsaufwand und Kosten
-- negative Auswirkung; hoher Besatz/Konkurrenz, Arbeitsaufwand und Kosten
+ eher positive Auswirkung; geringerer Besatz/Konkurrenz, Arbeitsaufwand und Kosten
++ positive Auswirkung; geringer Besatz/Konkurrenz, Arbeitsaufwand und Kosten
+ - sowohl positive als auch negative Auswirkungen

2.1 Der Zwischenfruchtanbau

Der Zwischenfruchtanbau vor der Maissaat dient vor allem dazu, über Winter eine Bodenbedeckung mit Pflanzenmaterial zu erreichen, um den Boden vor Wind- und Wassererosion zu schützen. Ferner werden in dem Pflanzenaufwuchs über Winter Nährstoffe gespeichert, die sonst der Gefahr der Auswaschung unterliegen. Dies betrifft insbesondere Stickstoff. In der Regel werden abfrierende Zwischenfrüchte angebaut (Senf, Phacelia, Ölrettich), die im Frühjahr für den nachfolgenden Mais keine Konkurrenz mehr darstellen und die Maissaat erleichtern (LÜTKE ENTRUP und ZERHUSEN, 1992). Beim Anbau von abfrierenden Zwischenfrüchten kann der im Aufwuchs gespeicherte Stickstoff je nach Zeitpunkt des Abfrierens der Pflanzen wieder mineralisiert werden (NEUBAUER und KOHLS, 1994) und unterliegt damit der Gefahr der Auswaschung (BERGER et al., 1993; VAN DIJK et al., 1997). Ferner wird nach Abfrieren der Pflanzen kein Stickstoff mehr aus dem Boden aufgenommen, zugleich wird aber nahezu permanent Stickstoff mineralisiert. Mineralisation findet im Boden bereits ab Temperaturen von 1 °C statt (AUFHAMMER et al., 1996), so dass eine Gefährdung des Grundwassers durch diesen Stickstoff besteht.

Der Anbau von winterharten Zwischenfrüchten verringert dieses Problem, da ein permanenter Nährstoffentzug durch den wachsenden Pflanzenbestand erfolgt (LÜTKE ENTRUP und ZERHUSEN, 1992; STICKSEL et al., 1996; VAN DIJK et al., 1997). Allerdings muss im Ökologischen Landbau zur Maissaat im Frühjahr gepflügt werden, da sonst die winterharten Zwischenfrüchte eine zu große Konkurrenz für den Mais darstellen würden. Im konventionellen Landbau könnte statt der Pflugfurche eine Herbizidbehandlung erfolgen, um den Pflanzenbestand abzutöten (LÜTKE ENTRUP und ZERHUSEN, 1992). Auch bei Schnittnutzung der winterharten Zwischenfrucht muss eine intensive Bodenbearbeitung erfolgen, da die Pflanzen sonst wieder austreiben und für den Mais eine zu starke Konkurrenz darstellen. Dieser Zwang zur Bodenbearbeitung führt zur gleichen Erosionsproblematik nach der Maissaat wie im herkömmlichen Anbausystem. Mais hat eine sehr langsame Jugendentwicklung und schließt erst spät die Reihen. Bei Frühjahrspflugfurche ist der Boden daher über mehrere Wochen der Gefahr der Erosion ausgesetzt.

2.2 Reduzierte Bodenbearbeitung

Als reduzierte Bodenbearbeitung werden Mulch- bzw. Direktsaatverfahren bezeichnet. Diese Verfahren dienen dem Erosionsschutz nach der Maissaat. Nach Zwischenfruchtanbau mit abfrierenden Zwischenfrüchten wird der Mais entweder mit Minimalbodenbearbeitung

(Mulchsaat) oder ohne jegliche Bearbeitung (Direktsaat) gesät. Dabei bleibt eine den Boden bedeckende Pflanzenschicht der abgestorbenen Zwischenfrucht erhalten, so dass ein sehr guter Erosionsschutz erzielt wird. Aufgrund der unterlassenen Bodenbearbeitung erwärmt sich allerdings der Boden langsamer, so dass für den Mais schlechtere Keimungs- und Wachstumsbedingungen als nach Pflugfurche bestehen (GUTSER und MANHART, 1993). Gerade im Ökologischen Landbau wird eine schnelle Keimung angestrebt, damit die Körner nicht durch Vogelfraß oder andere Schädlinge geschädigt werden (BENKE und MARTENS, 2001; HEß und GRAß, 2001). Ferner besteht nach reduzierter Bodenbearbeitung häufig ein höherer Unkrautdruck (SOMMER und BRUNOTTE, 1995, KORNMANN und KÖLLER, 1997), da sich in den abgestorbenen Zwischenfrüchten eine entsprechende Unkrautflora entwickelt hat (LÜTKE ENTRUP und ZERHUSEN, 1992). Der Mais reagiert sehr empfindlich auf Konkurrenz im Jugendwachstum. Daher wird im konventionellen Landbau die reduzierte Bodenbearbeitung meistens mit einer zusätzlichen Herbizidspritzung kombiniert (LÜTKE ENTRUP und ZERHUSEN, 1992; KORNMANN und KÖLLER, 1997). Das gilt auch bei reduzierter Bodenbearbeitung nach dem Anbau von winterharten Zwischenfrüchten, was in der Praxis aber eher die Ausnahme darstellt. Im Ökologischen Landbau ist eine Herbizidanwendung nicht möglich, so dass die reduzierte Bodenbearbeitung dort meistens nicht zur Anwendung kommt und die Gefahr der Bodenerosion zugunsten der Unkrautregulierung und der Maisansprüche hingenommen wird.

Nach reduzierter Bodenbearbeitung herrschen zur Maisbestellung niedrigere Bodentemperaturen, wodurch Mineralisationsprozesse langsamer ablaufen und zur Maissaat geringere N_{min}-Gehalte im Boden vorliegen. Der Mais benötigt zu diesem Zeitpunkt auch nur geringe Mengen an Stickstoff, so dass geringere N_{min}-Gehalte die Gefahr der N-Verlagerung reduzieren.

2.3 Untersaat im Mais

Die **frühe Untersaat** im Mais dient dem Erosionsschutz nach der Saat und wirkt sich positiv auf die Reduzierung von überschüssigen N-Mengen im Boden aus. Ferner wird der Unkrautdruck zwischen den Reihen geringer. Allerdings dürfen diese Untersaaten nicht zu üppig werden, da sie sonst eine zu starke Konkurrenz für den Mais bilden und sich ertragsmindernd auswirken können (LÜTKE ENTRUP und STEMANN, 1989). Je früher eine Untersaat ausgebracht wird, um so höher ist der Konkurrenzdruck für den Mais. Je später diese Untersaaten ausgebracht werden, um so geringer ist ihre Wirksamkeit hinsichtlich des Bodenschutzes und der N-Aufnahme nach der Maissaat. Im konventionellen Landbau werden die Untersaaten oft mit einer Herbizidspritzung abgetötet, sobald der Mais selbst ausreichend Bodenschutz bietet (AUERSWALD und KAINZ, 1989). Das ist im Ökologischen Landbau nicht möglich, so dass

hier Anbauverfahren mit frühen Untersaaten nur selten praktiziert werden. Vielmehr wird der intensiven Bodenbearbeitung vor und nach der Maissaat zur Unkrautregulierung Priorität eingeräumt (DEBRUCK, 2001). Außerdem verursachen die Untersaaten zusätzliche Kosten (Saatgut, Ausbringung, Regulierung), so dass sie in der Praxis nur wenig Anwendung finden.

Die **späten Untersaaten** sollen die Gefahr der N-Auswaschung nach der Maisernte reduzieren und werden ca. zum 6-Blattstadium des Mais ausgebracht (LÜTKE ENTRUP und ZERHUSEN, 1992). Aufgrund seines besonderen N-Aufnahmeverhaltens (INRA, zit. in FRITSCH, 1999) benötigt Mais während der Abreife nur sehr geringe Mengen an Stickstoff. In diesem Zeitraum herrschen aber zumeist sehr gute Mineralisationsbedingungen (warme und feuchte Witterung), so dass permanent Stickstoff aus der organischen Substanz des Bodens mineralisiert wird (RAUPP et al., 1991) und der Gefahr der Auswaschung unterliegt. Die Untersaaten nehmen diesen Stickstoff auf und bewirken zusätzlich eine bessere Befahrbarkeit des Bodens zur Maisernte (STEMANN und LÜTKE ENTRUP, 1990). Wenn diese Untersaaten zu früh ausgebracht werden bzw. zu üppig wachsen, stellen sie für den Mais eine starke Konkurrenz dar. Außerdem erschweren die mechanische Unkrautregulierung. Eine Umfrage auf Betrieben des Ökologischen Landbaus in Nordhessen und Ostwestfalen ergab, dass dort das Einbringen von Untersaaten in der Praxis so gut wie gar nicht vorgenommen wird (BEIN et al., 2001). Die späten Untersaaten verursachen wie die frühen zusätzlich Kosten und Arbeitsaufwand.

2.4 Maiswiese

Bei dem Anbausystem Maiswiese werden in einen intakten Grasbestand Saatstreifen für den Mais gefräst (GARIBAY et al., 1993). Der intakte Grasbestand zwischen den Reihen stellt einen wirksamen Erosionsschutz dar und nimmt Nährstoffe auf, die so vor der Auswaschung geschützt werden (GARIBAY und FEIL, 1995). Zur Regulierung der Grasstreifen zwischen dem Mais ist der Einsatz von Herbiziden notwendig, da sonst die Konkurrenz für den Mais zu groß wird (HORN und SCHWARZ, 1998). Die Regulierung der Grasstreifen durch mechanische Verfahren führte zu deutlich geringeren Maiserträgen (GARIBAY und FEIL, 1995; LIEDGENS et al., 2001). Für den Ökologischen Landbau stellt das System daher keine Alternative dar, da die Regulierung des Grasbestandes ausschließlich über mechanische Maßnahmen erfolgen müsste. Außerdem ist die Konkurrenz um Nährstoffe und Wasser sehr groß (HORN und SCHWARZ, 1998).

2.5 Gleichstandssaat

Durch die Entwicklung von reihenunabhängigen Häckseltechniken für die Silomaisernte ist der Zwang zu einem bestimmten Reihenabstand beim Maisanbau weggefallen. Damit ist eine für die Maisentwicklung aus pflanzenphysiologischer Sicht optimalere Standraumverteilung möglich (UPPENKAMP, 2002). Eine gleichmäßige Verteilung der Pflanzen auf dem Acker führt zu einem früheren Bestandesschluss, verringerter Bodenerosion, einer stärkeren Konkurrenzkraft der Maispflanzen gegenüber Unkräutern und zu einer besseren Ausnutzung von Wasser, Licht und Nährstoffen (DEMMEL et al., 2002), was zumeist höhere Maiserträge zur Folge hat. Die bessere Standraumverteilung der Pflanzen bewirkt zwar eine höhere Konkurrenzkraft der Pflanzen gegenüber Unkräutern, ist für eine effektive Unkrautunterdrückung aber nicht ausreichend. Der Einsatz bisheriger Maschinen zur mechanischen Unkrautregulierung ist aufgrund des verminderten Pflanzenabstandes i.d.R. nicht möglich. Im konventionellen Landbau ist daher der Herbizideinsatz an die Verringerung der Pflanzenabstände gekoppelt (DEMMEL et al., 2002). Die Gleichstandssaat stellt bisher für den Ökologischen Landbau aufgrund der ungelösten Unkrautregulierungsproblematik noch keine Alternative dar.

Allen dargestellten Anbausystemen ist gemeinsam, dass sie nur zur Lösung von Teilaspekten der Gesamtproblematik im Maisanbau beitragen. Zugleich werden durch diese Lösungsansätze häufig wieder neue Probleme geschaffen: Erhöhter Unkrautdruck, vermehrter Herbizideinsatz, schlechtere Keimbedingungen für den Mais, stärkere Konkurrenz für den Mais, erhöhter Arbeitsaufwand und höhere Kosten.

Mit dem neuen Anbausystem "Direkt- und Spätsaat von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht" sollen sowohl die Umweltgefährdungen und Anbauprobleme im Silomaisanbau unter Beachtung der Maisansprüche reduziert als auch die Kosten und der Arbeitsaufwand gesenkt werden. Außerdem soll die N-Versorgung des Mais für eine Ertragsstabilisierung optimiert werden.

3 Beschreibung des Anbausystems und Arbeitshypothesen

Das Anbausystem „Direkt- und Spätsaat von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht“ (*System Graß/Scheffer*) beinhaltet den Anbau von zwei Kulturen in einem Jahr. Dieses Zweikulturnutzungssystem wurde ursprünglich für den Anbau von Biomasse zur energetischen Verwertung konzipiert (SCHEFFER und STÜLPNAGEL, 1993; SCHEFFER, 2000). Mit diesem Anbaukonzept sind folgende Vorteile verbunden:

- ganzjähriger Bodenschutz
- kein Pestizideinsatz
- verminderte Gefahr von Nährstoffausträgen
- reduzierter Unkrautregulierungsbedarf
- Optimierung der Nährstoffversorgung
- Erhöhung der Flächenerträge.

Diese Vorteile sollten auf den Feldfutterbau in Form des Silomaisanbaus übertragen werden, um die dort vielfach auftretenden Umweltgefährdungen und Anbauprobleme zu reduzieren. Dabei wurde folgende Anbauplanung zugrunde gelegt:

Als Erstkultur wird Ende September eine Wintererbse entweder als Reinkultur oder im Gemenge mit Roggen ausgesät. Diese Erstkulturen bleiben über Winter bis Ende Mai des Folgejahres auf dem Feld stehen. Im Stadium der Blüte wird die Wintererbse (bzw. das Wintererbsen-Roggen-Gemenge) als Ganzpflanze geerntet und siliert. Entweder kann diese Silage bei Bedarf als Futter genutzt werden oder sie kommt als Co-Fermentat in einer Biogasanlage zur Energiegewinnung zum Einsatz. In die Stoppel der Erstkulturen wird im Direktsaatverfahren ohne Bodenbearbeitung der Mais gesät. Dieser wird im Oktober in der Siloreife geerntet (Abb. 1).

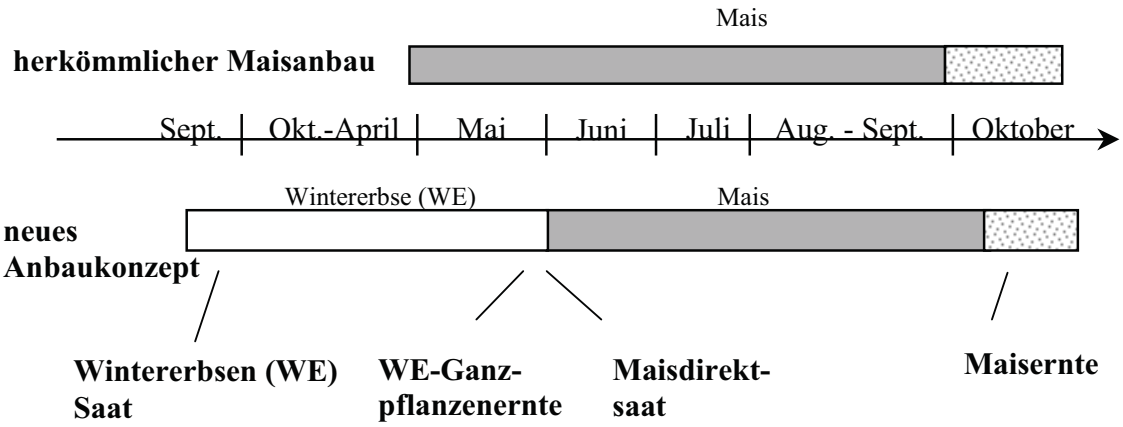


Abb. 1: Schematische Darstellung des herkömmlichen Maisanbaus und der „Direkt- und Spätsaat von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht“.

Voraussetzung für dieses Anbausystem ist der Anbau einer spätsaatverträglichen Maissorte, die auch bei der Aussaat Ende Mai noch eine gute Siloreife mit entsprechender Futterqualität erreicht. Eine spätsaatverträgliche Maissorte sollte eine ausgeprägte und möglichst lange vegetative Entwicklungsphase haben, um viel Pflanzenmasse zu bilden und eine kurze generative Phase, damit eine ausreichende Silagequalität erreicht wird. Um eine solche Sorte zu finden, wurde als Vorversuch zu der vorliegenden Arbeit ein Sortenscreening mit 16 verschiedenen Maissorten durchgeführt (GRAß, 1999). Die wichtigsten Ergebnisse werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt.

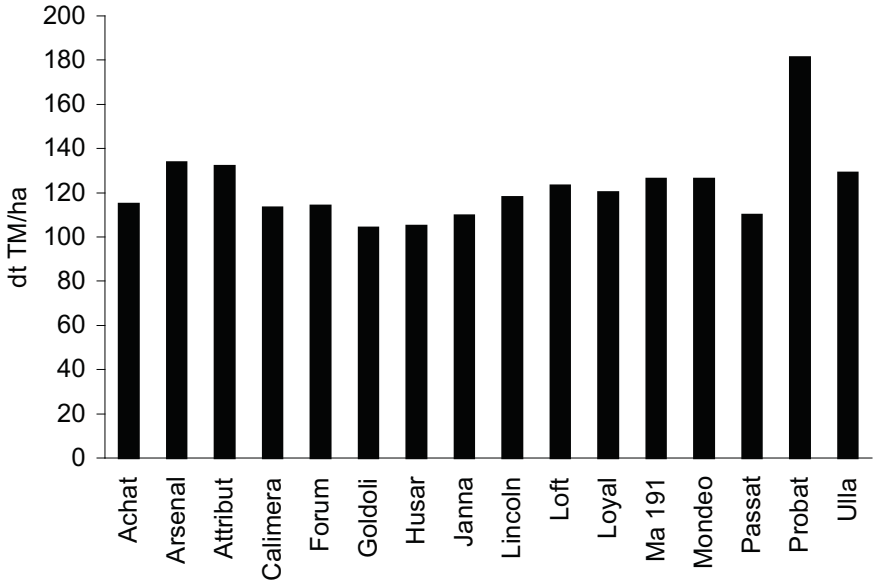


Abb. 2: Erträge der im Screening getesteten Silomaissorten, Saattermin: 28.05.1998, (GRAß, 1999).

In Abb. 2 ist zu sehen, dass die Sorte Probat mit 181 dt TM/ha den höchsten Ertrag erzielte. Der Mais wurde nach Wintererbsen auf dem konventionell bewirtschafteten Standort Hebenshausen angebaut. Die Sorte Probat erweist sich für die Spätsaat am geeignetsten, da sie neben dem höchsten Ertrag mit einem TS-Gehalt von 30,4 % als Parameter für die Silagequalität auch einen guten Wert aufwies. Die Sorte Attribut z.B. erzielte zwar auch einen guten Ertrag (132 dt TM/ha), kam aber nur auf einen TS-Gehalt von 22,8 %. Die Sorten Lincoln und Loft erzielten bei Spätsaat mit 35,3 % und 33,9 % die höchsten TS-Gehalte, lagen im Ertrag aber niedriger als Probat. Die Sorte Husar erzielte mit 30,4 % einen nahezu gleichen TS-Gehalt wie Probat, kam aber nur auf einen Ertrag von 105 dt TM/ha. Für die Erklärung dieser Unterschiede ist die Betrachtung der Entwicklungsstadien der genannten Maissorten interessant. In Tab. 2 ist ein Ausschnitt des Entwicklungsverlaufs dieser Maissorten dargestellt.

Tab. 2: Entwicklungsverlauf (nach SCHÜTTE und MEIER, 1981, zit. in ZSCHEISCHLER et al., 1990) einiger 1998 im Sortenscreening getesteten Maissorten im Zeitraum vom 05.08. bis 01.09., Aussaat 28.05.1998, (GRAß 1999).

Datum \ Sorte	Attribut	Husar	Lincoln	Loft	Probat
05.08.	36	55	55	51	51
07.08.	36	59	59	53	51
12.08.	51	65	61	59	53-55
16.08.	59	67	65	65	65
20.08.	73	73	73	75	77
23.08.	75	77	77	79	79
27.08.	77	79	81	83	83
01.09.	77	81	83	83	83

Am 07.08. ist die Sorte Husar bereits im EC-Stadium Ende des Rispenschiebens (EC 59) und damit am Ende der vegetativen Phase. Die Sorte Probat ist zu diesem Zeitpunkt noch im EC-Stadium 51, also dem Beginn des Rispenschiebens. Die Sorte Attribut ist noch weiter in der Entwicklung zurück (EC 36). Ab dem Übergang in die generative Phase in dem Zeitraum zwischen dem 12.08. und 16.08. verläuft die Entwicklung bei Probat sehr zügig, so dass dieser mit den anderen Sorten gleichzieht bzw. die Sorte Husar sogar in der Entwicklung überholt. Die Sorte Attribut bleibt hingegen in der Entwicklung stets hinter den anderen Sorten zurück, was zur Ernte in dem geringen TS-Gehalt zum Ausdruck kommt. Die Sorten Lincoln und Loft gehen ebenfalls später als die Sorte Husar in die generative Phase über, durchlaufen diese dann ähnlich zügig wie Probat. Diese drei Sorten Lincoln, Loft und Probat erscheinen aufgrund des Screenings daher am geeignetsten für die Spätsaat, da sie neben relativ hohen TM-Erträgen für die Silierung ausreichende bzw. gute TS-Gehalte erricht haben. Zur Absicherung dieser Ergebnisse wurde auch in den folgenden Jahren ein Screening mit unterschiedlichen Maissorten zur Spätsaatveträglichkeit durchgeführt, wobei immer die Sorte Probat angebaut wurde, die anderen Sorten wechselten. Die dabei erzielten Ergebnisse sind im Ergebnisteil in Abb. 15 und 16 dargestellt.

In den dieser Arbeit zugrundeliegenden Versuchen wurde die Sorte *Probat* angebaut, da sie den höchsten TM-Ertrag erzielte.

Folgende **Arbeitshypothesen** sind mit dem neuen Anbausystem „Direkt- und Spätsaat von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht“ verbunden:

1. Bei Anbau einer spätsaatverträglichen Maissorte ist ein mit herkömmlichem Anbau vergleichbarer Maisertrag und Energieertrag (GJ/ha) zu erzielen.
2. Die Nutzung von zwei Kulturen in einem Jahr führt zu einer Erhöhung des Gesamtflächenertrags im Vergleich zum herkömmlichen Anbausystem.
3. Die Stickstoffversorgung wird bedarfsgerecht optimiert, zugleich wird über einen ganzjährigen Nährstoffentzug die Gefahr der Stickstoffauswaschung reduziert.
4. Durch den Anbau von zwei Kulturen in einem Jahr und die Direktsaat von Mais wird ein ganzjähriger Erosionsschutz ohne Beeinträchtigung des Maisertrags erzielt.
5. Der Aufwand für die Unkrautregulierung wird reduziert.
6. Durch die Direktsaat von Mais und den reduzierten Aufwand bei der Unkrautregulierung sinken die Produktionskosten und es steigt der Deckungsbeitrag.

Zur Überprüfung der Arbeitshypothesen wurde das Anbausystem über 4 Jahre in Feldversuchen getestet.

4 Material und Methoden

4.1 Feldversuchsstandorte

Die dieser Arbeit zugrundeliegenden Feldversuche wurden bis auf das Jahr 2000/2001 auf dem Standort Hessische Staatsdomäne Frankenhausen durchgeführt, die in der Gemeinde Grebenstein im Landkreis Kassel liegt. Die Domäne Frankenhausen wird seit Juli 1998 nach Agöl-Richtlinien bewirtschaftet und besitzt seit dem Jahr 2000 die Anerkennung der Anbauverbände Bioland und Naturland.

Die Flächen der Domäne liegen auf ca. 230 m über NN. Die Wetterstation auf der Domäne Frankenhausen besteht erst seit zwei Jahren, so dass für die Versuchsjahre 1999-2001 die Klimadaten vom benachbarten Flughafen Kassel-Calden herangezogen wurden. Die Daten für das langjährige Mittel stammen von der Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes in Kassel. Danach beträgt die durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge 698 mm und die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 8,5 °C.

Im Untersuchungszeitraum 2000/2001 wurden die Versuche auf dem Standort Hebenshausen in der Gemeinde Neu-Eichenberg im Werra-Meißner-Kreis durchgeführt, da die Wintererbsen in Frankenhausen aufgrund negativer Vorfruchteffekte (Vorvorfrucht Sommererbsen) eine ungenügende Entwicklung aufwiesen. Der Standort Hebenshausen mit dem Schlag Meierbreite gehört zu den Versuchsflächen des Instituts für Nutzpflanzenkunde der Universität Kassel und wird konventionell bewirtschaftet. Die Höhenlage beträgt 250 m über NN, das langjährige Temperaturmittel beträgt 8,7 °C und die durchschnittliche Niederschlagsmenge liegt bei 620 mm. Dieses Versuchsjahr nimmt eine Sonderstellung ein, auch wenn der Versuch selbst entsprechend den anderen Untersuchungsjahren gemäß den Richtlinien des Ökologischen Landbaus durchgeführt wurde.

Die einzelnen Schläge, auf denen jeweils die Versuche durchgeführt wurden, werden im Folgenden mit Jahresangabe dargestellt (verändert nach BRANDT, 2001; BRANDT et al., 2001 und WILDHAGEN, 1998).

Die Wetterdaten wurden aus unterschiedlichen Quellen zusammengestellt, da auf der Domäne Frankenhausen erst 2001 eine Wetterstation installiert wurde (s.o.). Für den Standort Hebenshausen wurden die Daten der dortigen Wetterstation verwendet.

4.1.1 Schmalenbeck (1998/99)

Beim Flurstück Schmalenbeck handelt es sich um eine Parabraunerde, deren Ausgangsgestein eine 7,40 m starke Lössauflage darstellt. Die Bodenschätzung ergab für diesen Standort die Deklaration: L3 Lö 75/73. Die Bodenart im Ap-Horizont ist ein stark toniger Schluff (Ut4). Der pH-Wert im Oberboden liegt bei 7,3. Hinsichtlich der Einteilung in Nährstoffgehaltsklassen ist der Schlag in die Stufe C bei Kalium (K_2O) und D bei Phosphat (P_2O_5) und Magnesium (Mg) einzuordnen. Die Vorfrucht war Winterweizen, als Vorvorfrucht wurden Zuckerrüben angebaut.

4.1.1.1 Witterung

In Abb. 3 ist der Temperaturverlauf im Untersuchungszeitraum dargestellt.

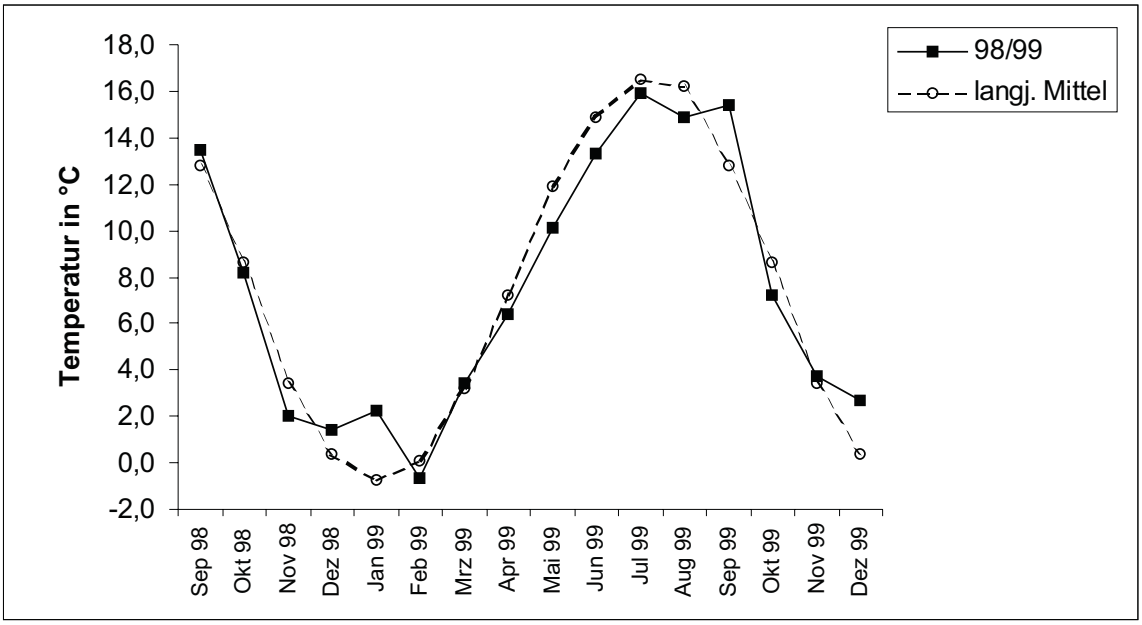


Abb. 3: Temperaturverlauf im Untersuchungszeitraum 1998/1999 und langjährige mittlere Temperatur, Frankenhausen.

In den Wintermonaten Dezember und Januar lag die Temperatur deutlich über den Werten des langjährigen Mittels. Im Sommer 1999 lagen die Temperaturen leicht unter den Durchschnittswerten, während der September wieder wärmer war. Ebenso war der Dezember 1999 deutlich wärmer als im langjährigen Mittel.

In Abb. 4 sind die Niederschlagsmengen aus dem Untersuchungszeitraum und die langjährigen Durchschnittswerte aufgetragen

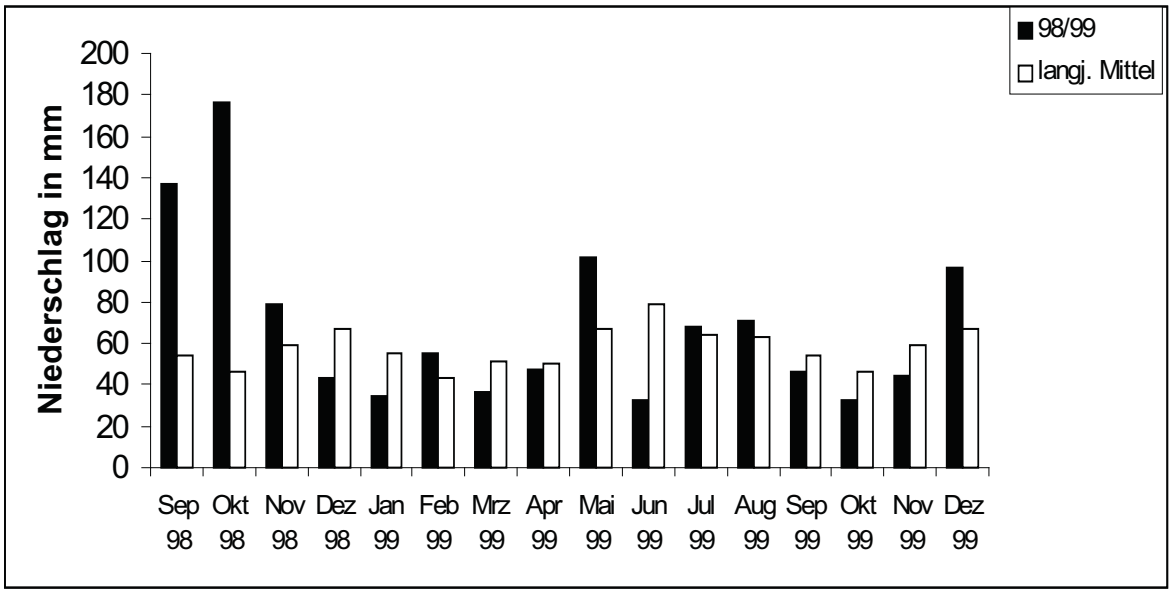


Abb. 4: Niederschlagsmengen im Untersuchungszeitraum 1998/1999 und langjährige Durchschnittswerte, Frankenhausen.

Im Untersuchungszeitraum 1998/1999 lag die Niederschlagsmenge um 178 mm höher als im langjährigen Durchschnitt. Vor allem zu Versuchsbeginn im September und im Oktober waren sehr hohe Niederschlagsmengen zu verzeichnen gewesen, die z.T. das vierfache der üblichen Mengen überschritten. Auch der Mai 1999 war durch eine hohe Niederschlagsmenge gekennzeichnet. Während im Herbst 1999 die Niederschläge unter dem langjährigen Durchschnitt lagen, fielen im Dezember 1999 höhere Niederschlagsmengen als im Mittel der Jahre.

4.1.2 Holzbeck (1999/2000)

Der Schlag Holzbeck ist eine erodierte Parabraunerde mit einer 2,70 m mächtigen Lössauflage als Ausgangsgestein. Die Deklaration nach der Bodenschätzung lautet L4 Lö 71/70. Die Bodenart im Ap-Horizont ist ein mittel toniger Schluff (Ut3). Im Oberboden liegt der pH-Wert bei 7,0. Bei der Einteilung in Nährstoffgehaltsklassen ist der Schlag bei Phosphat (P_2O_5), Kalium (K_2O) und Magnesium (Mg) in die Stufe D einzuordnen. Die Vorfrucht war Triticale, die Vorvorfrucht war Winterrroggen.

4.1.2.1 Witterung

In Abb. 5 ist der Temperaturverlauf im Untersuchungszeitraum 1999/2000 dargestellt.

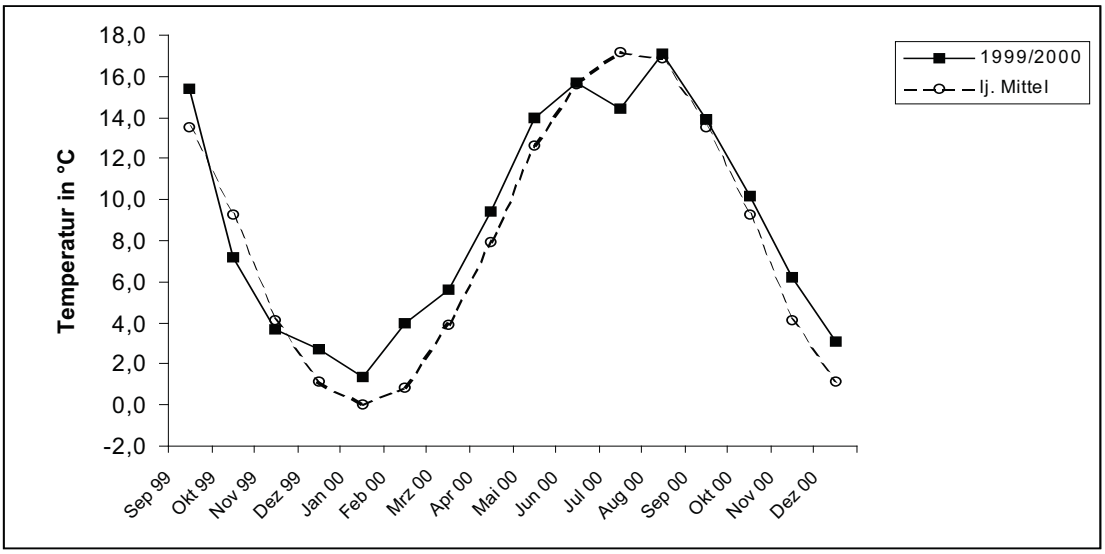


Abb. 5: Temperaturverlauf im Untersuchungszeitraum 1999/2000 und langjährige mittlere Temperatur, Frankenhausen.

Von Dezember 1999 bis Mai 2000 lag die monatliche Durchschnittstemperatur immer über den Werten des langjährigen Durchschnitts. Der Juli 2000 war deutlich kühler als im langjährigen Mittel. Ab Oktober lagen die Werter wieder über dem langjährigen Mittel.

In Abb. 6 sind die Niederschlagsmengen im Untersuchungszeitraum 1999/2000 und die langjährigen Durchschnittswerte aufgetragen

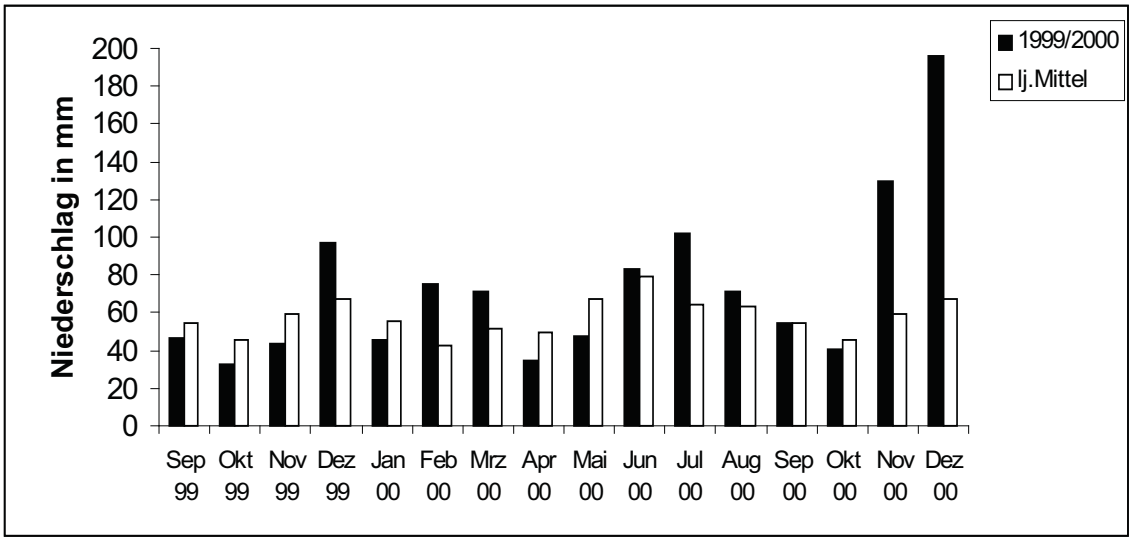


Abb. 6: Niederschlagsmengen im Untersuchungszeitraum 1999/2000 und langjährige Durchschnittswerte, Frankenhausen.

Im Untersuchungszeitraum 1999/2000 lag die Niederschlagsmenge um 250 mm höher als im langjährigen Durchschnitt. Im Frühjahr 2000 waren höhere Niederschlagsmengen als im langjährigen Durchschnitt zu verzeichnen gewesen. Ebenso fiel der Juli 2000 durch hohe Niederschlagswerte auf. Besonders hoch waren die Niederschläge im November und Dezember 2000, wo die Werte bis zu dreimal so hoch wie im langjährigen Durchschnitt lagen.

4.1.3 Meierbreite, Hebenshausen (2000/2001)

Bei dem Schlag Meierbreite handelt es sich um eine Pseudogley-Parabraunerde mit Ausgangssubstrat Löss. Die Bodenart im Ap-Horizont ist ein stark toniger Schluff (Ut4). Die Bodenschätzung ergab folgende Deklaration: L3 Lö 78/80 (WILDHAGEN, 1998). Der pH-Wert im Oberboden lag bei 6,4. Die Klassifizierung der Nährstoffe ergab für Phosphat (P_2O_5), Kalium (K_2O) und Magnesium (Mg) jeweils die Gehaltsklasse D. Die Vorfrucht war Winterraps, die Vorvorfrucht Winterweizen.

4.1.3.1 Witterung

In Abb. 7 ist der Witterungsverlauf im Untersuchungszeitraum 2000/2001 dargestellt.

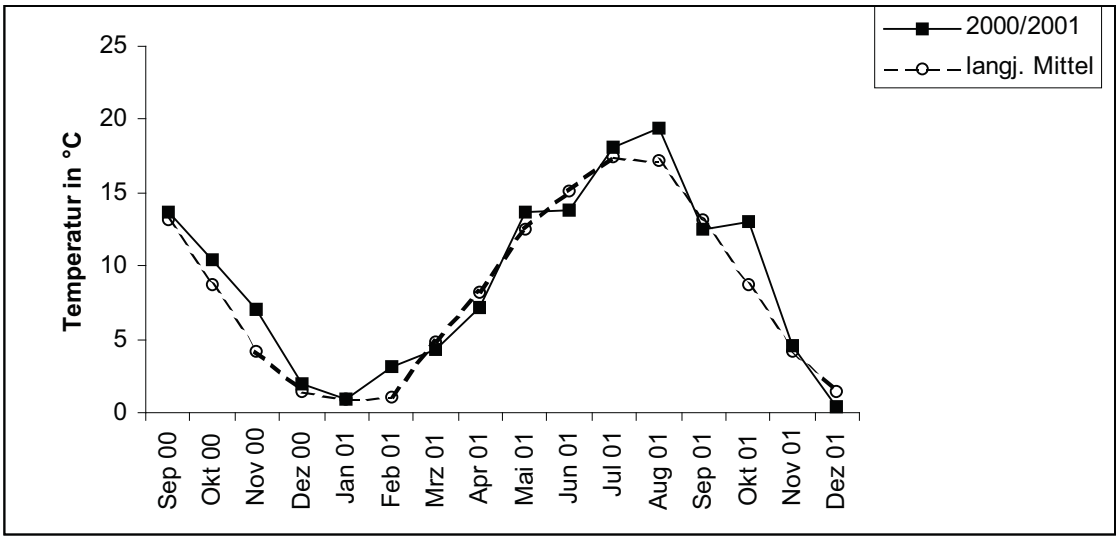


Abb. 7: Temperaturverlauf im Untersuchungszeitraum 2000/2001 und langjährige mittlere Temperatur, Hebenshausen.

Im Durchschnitt lag im Untersuchungszeitraum die Temperatur um 0,5 °C höher als im langjährigen Mittel. Ab September 2000 bis März 2001 lagen die Temperaturen mit Ausnahme des Januars über den Werten des langjährigen Mittels. Im Gegensatz dazu war der Juni 2001 sehr kühl und die Temperatur lag unter dem langjährigen Durchschnittswert. Der Sommer 2001 und der Oktober waren wiederum durch höhere Monatsdurchschnittstemperaturen gekennzeichnet.

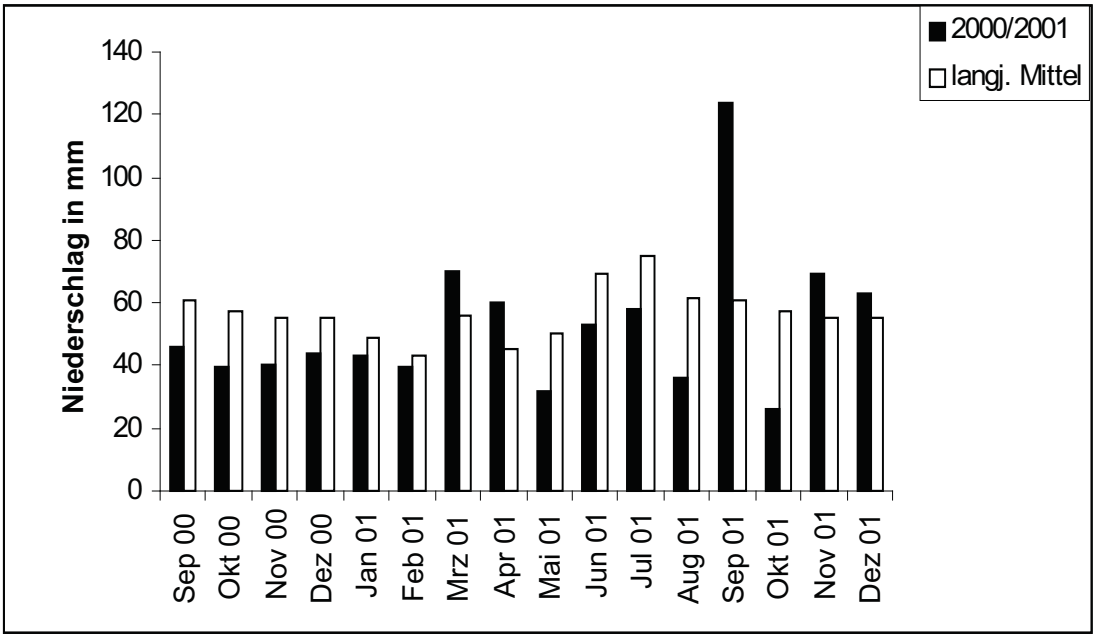


Abb. 8: Niederschlagsmengen im Untersuchungszeitraum 2000/2001 und langjährige Durchschnittswerte, Hebenshausen.

Im Untersuchungszeitraum waren etwas geringere Niederschlagsmengen als im langjährigen Durchschnitt zu verzeichnen gewesen. In den meisten Monaten lagen die Niederschlagsmengen unter dem langjährigen Durchschnitt. Die Monate März und April waren durch etwas höhere Niederschlagsmengen gekennzeichnet. Im September 2001 fielen doppelt so hohe Niederschlagsmengen wie im langjährigen Durchschnitt.

4.1.4 Kleines Feld (2001/2002)

Der Schlag Kleines Feld ist eine Parabraunerde mit Ausgangssubstrat Löss. Die Bodenschätzung führte zu folgender Einteilung: L3 Lö 75/73. Die Bodenart im Ap-Horizont ist ein stark toniger Schluff (Ut4). Der pH-Wert im Oberboden beträgt 7,3 Die Einteilung in Nährstoffgehaltsklassen ergab für Phosphat (P_2O_5), Kalium (K_2O) und Magnesium (Mg) die Gehaltsklasse D. Die Vorfrucht war Wintergerste, die Vorvorfrucht war Triticale.

4.1.4.1 Witterung

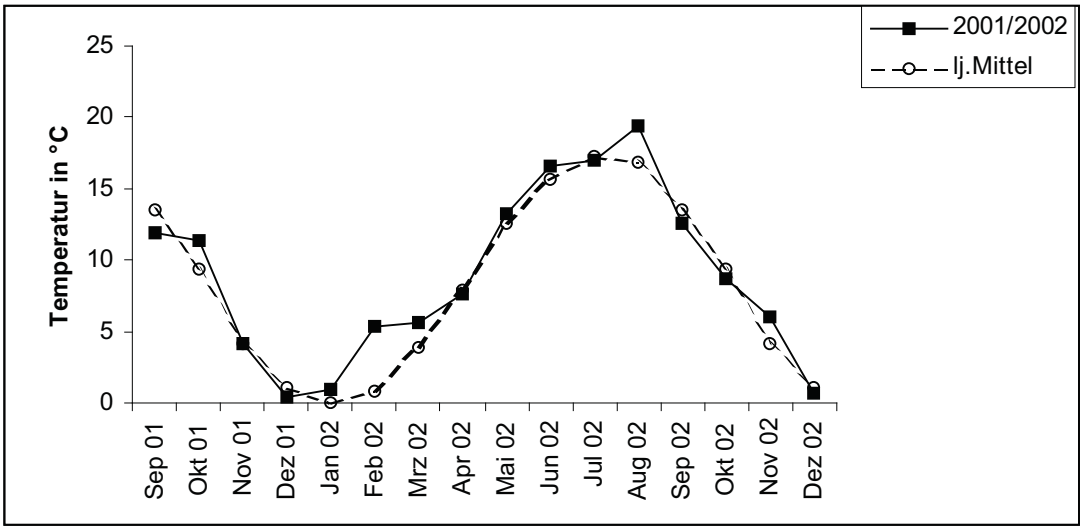


Abb. 9: Temperaturverlauf im Untersuchungszeitraum 2001/2002 und langjährige mittlere Temperatur, Frankenhausen.

Im Untersuchungszeitraum lag die Durchschnittstemperatur um 1 °C über dem langjährigen Mittel. Besonders im Zeitraum Januar bis März 2002 waren deutlich höhere Temperaturen zu verzeichnen gewesen. Ebenso war der August 2002 sehr heiß und im Durchschnitt 2,5 °C wärmer als im langjährigen Mittel. Im Oktober gab es schon zu Beginn relativ starken Nachtfrost, der die Maisernte zu diesem Zeitpunkt erforderlich machte.

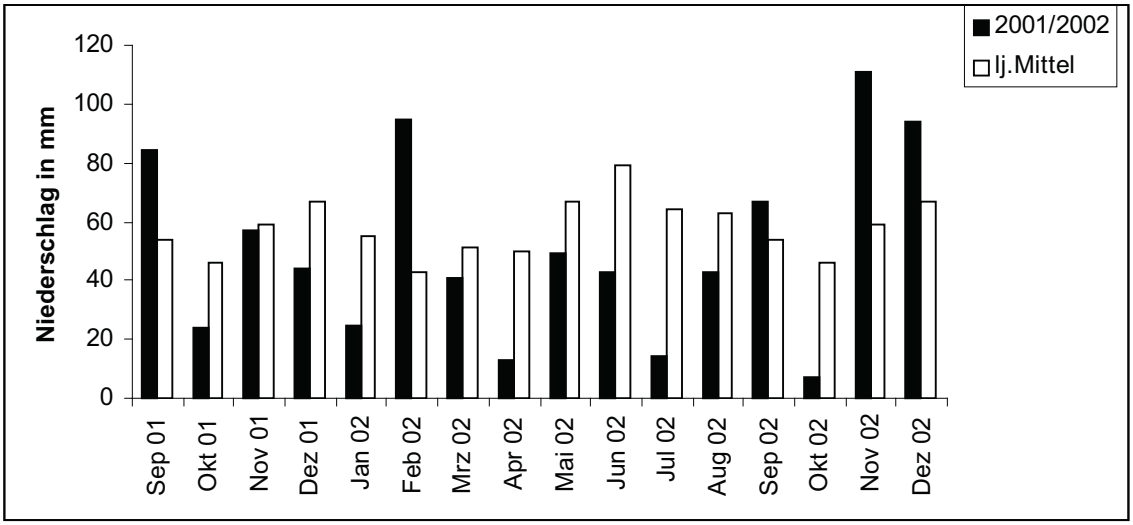


Abb. 10: Niederschlagsmengen im Untersuchungszeitraum 2001/2002 und langjährige Durchschnittswerte, Frankenhausen.

In Abb. 10 sind die Niederschlagsmengen in dem Unersuchungszeitraum 2001/2002 aufgeführt. Insgesamt fielen in diesem Zeitraum knapp 100 mm weniger Niederschläge als im langjährigen Mittel. Während im September 2001 und im Februar 2002 überdurchschnittlich hohe Niederschlagsmengen zu verzeichnen waren, waren die Monate April bis August 2002 durch z.T. sehr geringe Niederschläge gekennzeichnet. Dabei waren im Mai die Niederschläge besonders auf die letzte Dekade verteilt, was sich verzögernd auf die Ernte der Erstkulturen und die Maissaat auswirkte. Die Monate November und Dezember 2002 waren wiederum durch sehr hohe Niederschlagsmengen gekennzeichnet.

4.2 Versuchsanlage

In jedem Jahr wurde der Versuch als 2-faktorielle, vollständig randomisierte Blockanlage angelegt. Der erste Faktor bestand in der unterschiedlichen Vorfrucht für Silomais:

- Wintererbsen in Reinsaat (WE)
- Wintererbsen/Roggengemenge (WE/Ro)
- WE/Ro-Gemenge als Zwischenfrucht für die Vergleichsvariante.

Als zweiter Faktor wurde die Stickstoffdüngung über Gülle herangezogen. Dabei wurden drei Stickstoffstufen betrachtet, außer bei der Vergleichsvariante, wo nur mit 80 kg N gedüngt wurde. Die Angaben beziehen sich auf den Gesamt-N-Gehalt in der Gülle:

- 0 kg N/ha
- 40 kg N/ha
- 80 kg N/ha.

Damit ergaben sich 7 Varianten, die jeweils in vier Wiederholungen untersucht wurden. Jede Parzelle war 6 m breit und 10 m lang, so dass pro Parzelle 8 Reihen Mais ausgesät wurden. Die inneren 4 Reihen dienten als Kernparzellen für die Datenerhebung zur Ernte.

In Tab. 3 sind die Nährstoffmengen aufgeführt, die in den einzelnen Untersuchungsjahren tatsächlich mit der Gülle gedüngt wurden.

Tab. 3: Ergebnisse der Gülleanalysen für die Düngung in den einzelnen Untersuchungsjahren.

Nährstoffangaben in kg/ha								
Nährstoff/Jahr	**1999***		**2000***		**2001****		**2002****	
Sollwert N	**40**	**80**	**40**	**80**	**40**	**80**	**40**	**80**
Gesamt-N	42,4	84,8	41,0	82,0	41,7	83,4	29,8	59,6
wasserlöslich N	32,0	64,0	33,9	67,8	20,4	40,8	7,2	14,4
Phosphor	22,0	44,0	11,6	23,2	18,2	36,4	6,1	12,2
Kalium	18,7	37,4	17,6	35,2	55,0	110,0	20,2	40,4

* Schweinegülle
** Rindergülle

Außer im Jahr 2002 wurde die für die Düngung angestrebte Nährstoffmenge immer erreicht.

Im Folgenden werden wie in der gesamten Arbeit die Varianten „Silomais nach Wintererbsenvorfrucht“ und „Silomais nach Wintererbsen-Roggengemengevorfrucht“ als Hauptvarianten bezeichnet. Die Variante „Silomais in Hauptfruchtstellung“ wird Vergleichsvariante genannt.

4.3 Versuchsdurchführung

4.3.1 Schmalenbeck, 1998/1999

Nach der Vorfrucht Winterweizen wurde eine Stoppelbearbeitung durchgeführt. Zur Aussaat der Wintererbsen (WE) bzw. des Wintererbsen-Roggengemenges (WE/Ro) wurde am 19.09.1998 die Versuchsfläche gepflügt und zugleich mit dem Packer bearbeitet (Tab. 4). Für die Saatbettbereitung wurde die Fläche zweimal mit der Kreiselegge bearbeitet. Die Aussaat fand am 23.09.1998 statt. Die Aussaatstärke betrug 80 Körner/m^2 bei WE-Reinsaat und 40 Körner WE/m^2 und 150 Körner Roggen/m^2 bei Gemengeaussaat. Bei den Wintererbsen wurde die Sorte *EFB 33* aus eigener Vermehrung, beim Roggen die Sorte *Nikita* ausgesät. Der Feldaufgang lag bei 97 %. Bestandespflegemaßnahmen wurden bei den Erstkulturen nicht durchgeführt.

Die Erstkulturen wurden am 27.05.1999 geerntet und am 28.05.1999 wurde der Mais (*cv. Probat*) im Direktsaatverfahren in die Stoppel der Erstkulturen gesät. Die Saatstärke betrug

10 Körner/m^2 und der Feldaufgang lag bei 99 %. Die Maisvarianten mit Gülledüngung wurden am 23.06. gedüngt.

Im Mais wurde zweimal maschinell zwischen den Reihen gehackt, wobei die erste Hackmaßnahme am 23.06. der Einarbeitung von Gülle diente. Bei den Varianten mit Gemengevorfrucht war zusätzlich der Einsatz der Handhacke in der Reihe notwendig.

Die Maisernte fand am 07.10.99 statt.

Eine Vergleichsvariante wurde in diesem Versuchsjahr aus versuchstechnischen Gründen nicht angelegt.

Tab. 4: Arbeitsgänge und die Zeitpunkte ihrer Durchführung auf dem Schlag „Schmalenbeck" bei den Varianten Silomais nach Wintererbsen bzw. nach WE/Ro-Gemenge Frankenhausen, 1998/1999.

Arbeitsgang	**Datum**
Pflugfurche mit Packerbearbeitung	19.09.1998
Saatbettbereitung	23.09.1998
Aussaat Erstkulturen (WE: *cv. EFB 33;* Ro: *cv. Nikita*)	23.09.1998
Ernte Erstkulturen	27.05.1999
Direktsaat von Silomais (*cv. Probat*)	28.05.1999
Gülledüngung	23.06.1999
1. Hacke z.d. Reihen	23.06.1999
2. Hacke z.d. Reihen	05.07.1999
Handhacke i.d. Reihe nach Vorfrucht Wintererbsen/Roggengemenge	11.07.1999
Silomaisernte	07.10.1999

4.3.2 Holzbeck, 1999/2000

Nach der Vorfrucht Triticale wurde eine Stoppelbearbeitung durchgeführt. Die Fläche wurde am 22.09.1999 gepflügt und in einem Arbeitsgang mit dem Packer bearbeitet (Tab. 5). Die Erstkulturen wurden am 02.10.1999 mit einer auf die Kreiselegge aufgesattelten Sämaschine ausgesät. Saatbettbereitung und Aussaat wurden in einem Arbeitsgang durchgeführt. Die Aussaatstärken betrugen 80 Körner/m^2 bei WE-Reinsaat und 40 Körner WE/m^2 und 150 Körner Roggen/m^2 bei Gemengeaussaat. Für die Wintererbsenbestellung wurde die Sorte *EFB 33* aus eigener Vermehrung verwendet und beim Roggen die Sorte *Harkada*. Der Feldaufgang lag bei 98 %. Bei den Erstkulturen wurden keinerlei Bestandespflegemaßnahmen durchgeführt.

Für die Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“ wurde zum selben Termin das WE/Ro-Gemenge als winterharte Zwischenfrucht ausgesät (Tab. 6). Diese Zwischenfrucht wurde am 18.04.2000 umgebrochen und im Anschluss mit der Kreiselegge bearbeitet. Zur Saatbettbereitung für den Mais wurde die Fläche am 30.04.2000 noch einmal gekreiselt und anschließend der Mais (*cv. Probat*) gesät (Saatstärke: 10 Körner/m^2, Feldaufgang: 99 %). Am 23.05.2002 wurden über Schweinegülle 80 kg N/ha ausgebracht. Für die Unkrautregulierung wurde der Bestand einmal gestriegelt und zweimal maschinell gehackt. Zusätzlich musste noch einmal mit der Hand in den Reihen gehackt werden. Die Ernte der Vergleichsvariante erfolgte am 28.09.2000.

Die Erstkulturen bei den Hauptvarianten wurden am 26.05.2000 geerntet und der Mais (*cv. Probat*) am 28.05.2000 im Direktsaatverfahren gesät. Die Saatstärke lag bei 10 Körnern/m^2 und der Feldaufgang bei 97 %. Die Gülledüngung zu den Düngungsvarianten erfolgte am 29.06.2000.

Im Anschluss an die Gülledüngung erfolgte direkt die erste Unkrauthacke zwischen den Reihen. Die zweite Hackmaßnahme wurde am 10.07.2000 durchgeführt. Bei den Varianten mit Gemengevorfrucht wurde noch mit der Hand einmal in der Reihe gehackt. Die Maisernte erfolgte am 16.10.2000.

Tab. 5: Arbeitsgänge und die Zeitpunkte ihrer Durchführung auf dem Schlag „Holzbeck“ bei den Varianten Silomais nach Wintererbsen bzw. nach WE/Ro-Gemenge, Frankenhausen 1999/2000.

Arbeitsgang	**Datum**
Pflugfurche mit Packerbearbeitung	22.09.1999
Saatbettbereitung	02.10.1999
Aussaat Erstkulturen (WE: *cv. EFB 33*; Ro: *cv. Harkada*)	02.10.1999
Ernte Erstkulturen	26.05.2000
Direktsaat von Silomais (*cv. Probat*)	28.05.2000
Gülledüngung	29.06.2000
1. Hacke z.d. Reihen	29.06.2000
2. Hacke z.d. Reihen	10.07.2000
Handhacke i.d. Reihe nach Vorfrucht Wintererbsen/Roggengemenge	11.07.2000
Silomaisernte	16.10.2000

Tab. 6: Arbeitsgänge und die Zeitpunkte ihrer Durchführung auf dem Schlag „Holzbeck“ bei der Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“, Frankenhausen 1999/2000.

Arbeitsgang	**Datum**
Pflugfurche mit Packerbearbeitung	22.09.1999
Saatbettbereitung	02.10.1999
Aussaat Winterzwischenfrucht (WE: *cv. EFB 33*; Ro: *cv. Harkada*)	02.10.1999
Umbruch Zwischenfrucht	18.04.2000
Saatbettbereitung und Maissaat (*cv. Probat*)	30.04.2000
Blindstriegeln	06.05.2000
Gülledüngung	23.05.2000
1. Hacke z.d. Reihen	23.05.2000
2. Hacke z.d. Reihen	11.06.2000
Handhacke i.d. Reihe	03.07.2000
Silomaisernte	28.09.2000

4.3.3 Meierbreite, 2000/2001

Nach der Vorfrucht Winterraps wurde eine Stoppelbearbeitung durchgeführt. Am 20.09.2000 wurde der Schlag gepflügt und direkt im Anschluss mit der Kreiselegge bearbeitet (Tab. 7). Zur Saatbettbereitung wurde die Fläche am 26.09.2000 ein zweites mal gekreiselt und anschließend wurden die Erstkulturen gesät. Die Saatstärke betrug bei WE-Reinsaat 80 Körner/m^2 und bei dem Gemenge 40 Körner WE/m^2 und 150 Körner Roggen/m^2. Bei den Wintererbsen wurde die Sorte *EFB 33* aus eigener Vermehrung ausgesät und beim Roggen die Sorte *Harkada*. Der Feldaufgang betrug 98 %. Bei den Erstkulturen wurden keine Bestandespflegemaßnahmen durchgeführt.

Die Erstkulturen wurden am 25.05.2001 geerntet und direkt im Anschluss wurde der Mais (*cv. Probat*) in einer Saatstärke von 10 Körnern/m^2 gesät, der Feldaufgang betrug 95 %.

Bei den Varianten mit Wintererbsenvorfrucht kam es in einigen Parzellen zu sehr starkem Vogelfraß nach der Maissaat. In diesen Parzellen wurde der Mais per Hand am 19.06.2001 nachgesät. Da mit dieser Nachsaat eine Verzögerung in der Entwicklung verbunden war, kam der Mais in diesen Parzellen nicht mehr zu einer ausreichenden Abreife. Der Mais befand sich in den Nachsaatparzellen zur Ernte im Stadium 81-82 (Tab. A2 im Anhang). Die Ausbildung der Biomasse war zu diesem Zeitpunkt nahezu abgeschlossen, so dass für die Ertragsermittlung alle Parzellen (mit und ohne Vogelfraß) herangezogen wurden.

Für die Ermittlung der Ertragsparameter wurden nur diejenigen Parzellen berücksichtigt, die nicht durch Vogelfraß geschädigt worden waren. Dadurch verringert sich die Datenbasis, auf der die Ertragsparameter ermittelt wurden. Eine statistische Auswertung wurde durch die Bildung von unechten Wiederholungen möglich.

Die Parzellen mit der Wintererbsen-Roggengemengevorfrucht wurden durch Vogelfraß nach der Maissaat nahezu vollständig zerstört. Aufgrund der schlechten Witterung fand eine Nachsaat mit der Direktsaatmaschine erst sehr spät am 28.06.2001 statt. Die Maisentwicklung verlief sehr zögerlich, so dass die ermittelten Daten nicht als repräsentativ betrachtet werden können und nicht in diese Arbeit aufgenommen werden. Die N_{min}-Dynamik wird hingegen für alle Varianten dargestellt.

Die Gülledüngung erfolgte am 2.7.2001, also fünf Wochen nach der Aussaat. Direkt danach fand die erste Hackmaßnahme statt, die gleichzeitig der Gülleeinarbeitung diente. Eine zweite Unkrautregulierung wurde am 12.07.2001 zwischen den Reihen mit einer Reihenfräse durchgeführt. Bei den Varianten mit Gemengevorfrucht wurde am 15.07.2001 zusätzlich mit der Hand in den Reihen gehackt.

Der Mais wurde am 16.10.2001 geerntet.

Tab. 7: Arbeitsgänge und die Zeitpunkte ihrer Durchführung auf dem Schlag „Meierbreite“ bei den Varianten Silomais nach Wintererbsen bzw. nach WE/Ro-Gemenge, Hebenshausen 2000/2001.

Arbeitsgang	**Datum**
Pflugfurche mit anschließender Kreiselegge	20.09.2000
Saatbettbereitung	26.09.2000
Aussaat Erstkulturen (WE: *cv. EFB 33*; Ro: *cv. Harkada*)	26.09.2000
Ernte Erstkulturen	25.05.2000
Direktsaat von Silomais (*cv. Probat*)	25.05.2000
Gülledüngung	02.07.2001
1. Hacke z.d. Reihen	02.07.2001
2. Hacke z.d. Reihen	12.07.2001
Handhacke i.d. Reihe nach Vorfrucht Wintererbsen/Roggengemenge	15.07.2001
Silomaisernte	16.10.2001

Für die Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“ wurden die Parzellen nach der Vorfrucht Winterraps und Stoppelbearbeitung am 20.09.2002 gepflügt und anschließend mit der Kreiselegge bearbeitet (Tab. 8). Die Parzellen wurden dann bis zum folgenden Frühjahr brach liegen gelassen und am 02.05.2001 mit einer Saatbettkombination bearbeitet. Zur Saat am 11.05.2001 wurde das Saatbett noch einmal mit der Saatbettkombination bearbeitet (Saatstärke: 10 Körner/m^2, Feldaufgang: 98 %). Diese Variante wurde zur Unkrautregulierung einmal gestriegelt und dreimal mit dem Hackrahmen maschinell gehackt. Die Ernte erfolgte am 02.10.2001.

Tab. 8: Arbeitsgänge und die Zeitpunkte ihrer Durchführung auf dem Schlag "Meierbreite" bei der Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung", Hebenshausen 2000/2001.

Arbeitsgang	**Datum**
Pflugfurche mit anschließender Kreiselegge	20.09.2000
Saatbettbereitung	02.05.2001
2. Saatbettbereitung und Maissaat (*cv. Probat*)	11.05.2001
Blindstriegeln	16.05.2001
Gülledüngung	08.06.2001
1. Hacke z.d. Reihen	28.05.2001
2. Hacke z.d. Reihen	08.06.2001
3. Hacke z.d. Reihen	03.07.2001
Silomaisernte	02.10.2001

4.3.4 Kleines Feld, 2001/2002

Nach der Vorfrucht Wintergerste wurde eine Stoppelbearbeitung durchgeführt. Am 31.08.2001 wurde die gesamte Fläche mit Packerbearbeitung gepflügt (Tab. 9). Am 29.09.2001 wurde die Fläche zur Saatbettbereitung mit der Kreiselegge bearbeitet und im Anschluss wurden die Erstkulturen gesät. Die Saatstärke betrug bei WE-Reinsaat 80 Körner/m^2 und bei dem Gemenge 40 Körner WE/m^2 und 150 Körner Roggen/m^2. Bei den Wintererbsen wurde die Sorte *EFB 33* aus eigener Vermehrung ausgesät und beim Roggen die Sorte *Nikita* (Feldaufgang 98 %). Bei den Erstkulturen wurden keine Bestandespflegemaßnahmen durchgeführt. Diese wurden am 31.05.2002 als Ganzpflanzen geerntet und am 02.06.2002 wurde der Mais (*cv. Probat*) im Direktsaatverfahren gesät. Die Saatstärke betrug 10 Körner/m^2 und der Feldaufgang lag bei 97 %. Die Gülledüngung zu den Düngungsvarianten erfolgte am 28.06.2002.

Im Anschluss an die Gülledüngung erfolgte direkt die erste Unkrauthacke zwischen den Reihen. Die zweite Hackmaßnahme wurde am 10.07.2002 durchgeführt. Bei den Varianten mit Gemengevorfrucht wurde noch mit der Hand am 15.07.2002 einmal in der Reihe gehackt. Die Maisernte erfolgte am 02.10.2002.

Tab. 9: Arbeitsgänge und die Zeitpunkte ihrer Durchführung auf dem Schlag „Kleines Feld“ bei den Varianten Silomais nach Wintererbsen bzw. nach WE/Ro-Gemenge, Frankenhausen 2001/2002.

Arbeitsgang	**Datum**
Pflugfurche mit Packerbearbeitung	31.08.2001
Saatbettbereitung	29.09.2001
Aussaat Erstkulturen (WE: *cv. EFB 33*; Ro: *cv. Nikita*)	29.09.2001
Ernte Erstkulturen	31.05.2002
Direktsaat von Silomais (*cv. Probat*)	02.06.2002
Gülledüngung	28.06.2002
1. Hacke z.d. Reihen	28.06.2002
2. Hacke z.d. Reihen	10.07.2002
Handhacke i.d. Reihe nach Vorfrucht Wintererbsen/Roggengemenge	15.07.2002
Silomaisernte	02.10.2002

Für die Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“ wurde zum selben Termin wie die Erstkulturen bei den Hauptvarianten ein WE/Ro-Gemenge als winterharte Zwischenfrucht ausgesät (Tab. 10). Diese wurde am 17.04.2002 umgebrochen und im Anschluss mit der Kreiselegge bearbeitet. Zur Saatbettbereitung für den Mais wurde die Fläche am 13.05.2002 noch einmal gekreiselt und anschließend der Mais (*cv. Probat*) gesät (Saatstärke: 10 Körner/m^2; Feldaufgang: 99 %). Am 28.06.2002 wurden über Rindergülle 60 kg N/ha ausgebracht, was bei einem Gesamt N-Gehalt der Gülle von 2,71 kg/t einer Ausbringmenge von 22 m^3/ha entspricht. Mit der Gülle wurden ferner 12,2 kg P_2O_5 und 40,4 kg K_2O ausgebracht. Für die Unkrautregulierung wurde der Bestand einmal gestriegelt und zweimal maschinell gehackt, zusätzlich musste noch einmal mit der Hand in den Reihen gehackt werden. Die Ernte der Vergleichsvariante erfolgte am 23.09.2002.

Tab. 10: Arbeitsgänge und die Zeitpunkte ihrer Durchführung auf dem Schlag „Kleines Feld“ bei der Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“, Frankenhausen 2001/2002.

Arbeitsgang	**Datum**
Pflugfurche mit Packerbearbeitung	31.08.2001
Saatbettbereitung	29.09.2001
Aussaat Winterzwischenfrucht (WE: *cv. EFB 33*; Ro: *cv. Harkada*)	29.09.2001
Umbruch Zwischenfrucht und 1 x Kreiselegge	17.04.2002
Saatbettbereitung und Maissaat (*cv. Probat*)	13.05.2002
Blindstriegeln	17.05.2002
1. Hacke z.d. Reihen	15.06.2002
Gülledüngung	28.06.2002
2. Hacke z.d. Reihen	28.06.2002
Handhacke i.d. Reihe	05.07.2002
Silomaisernte	23.09.2002

4.4 Untersuchungsmethoden

4.4.1 Ertragsermittlung

Zur Ertragsermittlung der Erstkulturen wurden Ende Mai pro Parzelle drei Probeschnitte durchgeführt. Diese erfolgten mit einem Rahmen auf einer Fläche von 0,336 m^2 pro Schnitt. Die Proben wurden bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, so dass Trockenmasseertrag und TS-Gehalt bestimmt werden konnten. Bei der Gemengevorfrucht wurde zusätzlich der Roggenanteil bestimmt.

Bei Mais als Zweitkultur und bei der Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“ wurden aus den Kernparzellen pro Parzelle drei Proben jeweils auf einer Länge von 1,50 m geschnitten, so dass die Gesamtpflanzenzahl pro Parzelle bei ca. 34 lag. Die Pflanzen wurden von den Kolben getrennt. Alle Kolben wurden bis zur Gewichtskonstanz bei 105 °C getrocknet. Für die TS-Bestimmung der Restpflanze (inkl. Lieschblättern) wurden von jeder Probe

zwei Pflanzen bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Dadurch ließen sich Kolbenanteil und der Gesamt-TS-Gehalt berechnen und der TM-Ertrag feststellen.

4.4.2 Futterwertuntersuchung

Für die Futterwertuntersuchung wurden Proben der einzelnen Varianten zur Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA) nach Kassel gegeben. Die Erstkulturen wurden nach der Methode der Weender Analyse untersucht, die Zweitkulturen wurden mit dem NIRS-Verfahren (Nah-Infrarot-Spektroskopie) analysiert.

4.4.3 Bonituren

Bei den Erstkulturen wurden der Feldaufgang und der Unkrautbesatz bonitiert. Dazu wurde in den einzelnen Parzellen mit einem Boniturrahmen auf einer Fläche von 1600 cm^2 mit vier Wiederholungen gearbeitet. Für den Feldaufgang wurden die Einzelpflanzen gezählt, für den Unkrautbesatz wurde der Deckungsgrad in Prozent geschätzt.

Ungefähr zu folgenden Zeitpunkten wurde in den Erstkulturen der Unkrautbesatz bonitiert:

- Vorwinter (Anfang Dezember)
- Vegetationsbeginn (Ende Februar)
- März
- Mitte April
- Ende April

In der Zweitkultur Mais und auch in der Vergleichsvariante „Mais in Hauptfruchtstellung“ wurden ebenfalls der Feldaufgang und der Unkrautbesatz wie bei den Erstkulturen bonitiert. In den Hauptvarianten wurde der Unkrautbesatz ungefähr zu folgenden Zeitpunkten bonitiert:

- 2 Wochen nach Saat (Mitte Juni)
- 2 Wochen nach Gülledüngung und 1. Hacke (Mitte Juli)
- Ende Juli
- Mitte August

In der Vergleichsvariante Silomais in Hauptfruchtstellung wurde ungefähr zu folgenden Zeitpunkten der Unkrautbesatz bonitiert:

- 2 Wochen nach der Saat
- 4 Wochen nach Saat
- 6 Wochen nach der Saat
- 8 Wochen nach der Saat
- 10 Wochen nach der Saat

Ferner wurde bei allen Varianten die Bestandesentwicklung bonitiert. Dazu wurden pro Parzelle sechs repräsentative Pflanzen ausgewählt, deren Entwicklung während der gesamten Vegetationszeit aufgezeichnet wurde.

4.4.4 Bodenproben

Während jeder Versuchsperiode wurden bei den Varianten im Zweikulturnutzungssystem (= Hauptvarianten) von der Aussaat der Erstkultur bis Anfang Dezember nach der Ernte der Zweitkultur Bodenproben zur Untersuchung des mineralischen Stickstoffgehalts im Boden (N_{min}) zu folgenden Zeitpunkten genommen:

- Aussaat Erstkulturen
- Vorwinter (Anfang Dezember)
- Vegetationsbeginn im Frühjahr (Ende Februar)
- Ernte Erstkulturen (Ende Mai)
- Vier Wochen nach der Gülledüngung
- Maisernte
- Vorwinter (Anfang Dezember).

Die Proben wurden mit den „Göttinger Bohrstöcken“ aus den Tiefen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm genommen. Bei den Beprobungen in den Erstkulturen wurden in den einzelnen Parzellen je Probentiefe vier Einstiche genommen. Das Bodenmaterial der einzelnen Parzellen wurde für die weitere Aufarbeitung und die Analyse je nach Erstkultur gemischt.

Bei den Probeterminen ab der Maisaussaat wurden in jeder Parzelle 10 Einstiche in jeder Tiefe verteilt über die Parzelle entnommen.

Bei der Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“ wurden ebenfalls während jeder Versuchsperiode auf jedem Standort Bodenproben gezogen:

- Aussaat Zwischenfrucht (im Herbst)
- Vorwinter (Anfang Dezember)
- Maisaussaat
- ca. 4 Wochen nach der Aussaat
- 4 Wochen nach der Gülledüngung
- Ernte
- Vorwinter.

Die Bodenproben wurden direkt nach der Entnahme eingefroren und für die N_{min}-Analyse bei 4-6 °C aufgetaut.

4.4.5 N_{min}-Analyse

Die Bodenproben wurden nach dem Auftauen von Hand homogenisiert und anschließend wurden 100 g feldfeuchter Boden im Verhältnis 1:4 mit einer KCL-Lösung versetzt und extrahiert. Die Extrakte wurden filtriert und anschließend zur Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA) nach Kassel für die Ermittlung der N_{min}-Gehalte gegeben.

Zur Bestimmung des NH_4-Gehalts der Proben wurde ein qualitativer NH_4-Nachweis mit Neßler´s Reagenz durchgeführt, der aber stets negativ ausfiel.

4.4.6 Stickstoff-Dynamik

Zur Ermittlung der Stickstoffdynamik wurden neben den Bodenproben die N-Gehalte der Pflanzen bestimmt. Bei den Erstkulturen wurden die N-Gehalte im Erntegut analysiert. Bei der Zweitkultur Mais und bei der Vergleichsvariante "Mais in Hauptfruchtstellung" wurde während der Vegetationsperiode ca. vier Wochen nach der Gülledüngung der N-Gehalt in den Pflanzen bestimmt. Außerdem wurde ebenfalls im Erntegut der N-Gehalt analysiert. Bei der Probenahme während der Vegetationsperiode wurden aus jeder Parzelle 6 Pflanzen ausgewählt und bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Anschließend wurden die Proben mit einer Siebgröße von 1 mm gemahlen. Die gemahlenen Proben wurden zur LUFA nach Kassel zur N-Analyse gegeben.

Die Gesamtmenge an pflanzenverfügbarem Stickstoff (= Gesamt-N) errechnet sich nach folgender Formel:

$$\text{Gesamt-N} = N_{min}\text{-Boden} + \text{N-Gehalt im Aufwuchs}$$

Die N-Bestimmung im Erntegut von Erst- und Zweitkultur wurde im Rahmen der Futterwertuntersuchung durchgeführt.

4.4.7 Statistische Auswertung

Die Silomaiserträge und die erhobenen Ertragsparameter der Varianten mit Wintererbsen- bzw. Wintererbsen-Roggenvorfrucht und der Vergleichsvariante wurden mit dem Statistikprogramm SAS varianzanalytisch ausgewertet. Ebenso wurden die N_{min}-Gehalte in 0-90 cm Tiefe bei allen Varianten varianzanalytisch ausgewertet. Anschließend wurde bei allen Daten ein Mittelwertvergleich mit Hilfe des t-Tests durchgeführt. Die berechneten Unterschiede sind mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % (p=0,05) signifikant. Aufgrund fehlender Wechselwirkungen wurde die Auswertung einfaktoriell vorgenommen, zudem dadurch die Einbeziehung der Vergleichsvariante als Kontrollvariante möglich war.

Die Korrelationskoeffizienten zwischen N-Düngung und Maisertrag wurden mit dem Statistikprogramm SPSS berechnet.

4.4.8 Betriebswirtschaftliche Berechnungen - Deckungsbeitragsrechnungen

Die Datengrundlage für die Berechnung der Deckungsbeiträge bildeten die Datensammlung des KTBL (2002/2003) und die Betriebsplanung im Ökologischen Landbau von REDELBERGER (2002). Die Deckungsbeitragsrechnung wurde in jedem Jahr für die Varianten mit 80 kg N-Düngung je ha (2002: 60 kg N/ha) durchgeführt, da diese direkt miteinander vergleichbar waren. Bei den Varianten mit geringerer N-Düngung fielen dieselben Kosten an. Aufgrund der geringeren Maiserträge bei diesen Varianten sind dort bei gleichen Kosten geringere Deckungsbeiträge/ha bzw. höhere Kosten je produzierter Einheit die Folge. Bei den Varianten ohne N-Düngung reduzierten sich die Kosten um den Aufwand für die Gülleausbringung, der 31,06 €/ha betrug. Dieser relativ geringe Kostenvorteil ließ nicht einen Ausgleich der deutlichen und statistisch abgesicherten niedrigeren Erträge bei diesen Varianten erwarten.

Der Silomaisanbau dient i.d.R. der innerbetrieblichen Futterversorgung, so dass die erzielte Marktleistung nur in der für Mais in Hessen gültigen Prämie in Höhe von 347 €/ha bestand (REDELBERGER, 2002). Die Deckungsbeiträge sind daher im Futterbau negativ und setzen sich folgendermaßen zusammen:

Deckungsbeitrag = Marktleistung (Prämie) – Direktkosten – variable Maschinenkosten .

Zum Vergleich der Deckungsbeiträge zwischen den einzelnen Varianten wurden folgende Größen erhoben:

- Deckungsbeitrag je eigener Arbeitskraftstunde (DB/Akh eigen)
- Gesamtenergieertrag in GJ NEL/ha
- Kosten pro erzeugter Energieeinheit in €-Cent/MJ NEL
- Gesamtenergieertrag in MJ NEL/Akh.

Die detaillierten Deckungsbeitragsrechnungen sind im Anhang in den Tabellen A3 bis A22 aufgeführt.

4.4.9 Sortenscreening zur Spätsaatverträglichkeit von Silomais

In den Jahren 2001 und 2002 wurde am Standort Hebenshausen der Universität Kassel ein Sortenscreening zur Spätsaatverträglichkeit verschiedener Maissorten durchgeführt. Dabei wurden folgende Maissorten geprüft: Probat, Granat, Justina, PR39B29. Die Sorte Probat diente dabei als Standardsorte, die auch in allen anderen Versuchen zum Einsatz kam und sich bisher als besonders spätsaatverträglich gezeigt hatte. Die Sorte Granat ist mit einer Siloreifezahl von 240 eine etwas spätere Sorte. Die Sorten Justina und PR39B29 sind mit Siloreifezahlen von 170 bzw. 190 sehr frühe Sorten, die sich durch eine besonders frühe und schnelle Abreife auszeichnen.

Die Aussaat erfolgte jeweils Anfang und Ende Mai. Die Flächen wurden im Herbst vor der Saat gepflügt und im Frühjahr zur Saatbettbereitung mit der Kreiselegge bearbeitet. Die Unkrautregulierung wurde mechanisch durchgeführt. Die Stickstoffdüngung erfolgte mit 100 kg N/ha über Kalkammonsalpeter.

Aufgrund von Vogelfraßschäden konnten die Screeningversuche nicht statistisch ausgewertet werden.

5 Ergebnisse

5.1 Erträge und Futterwert der Erstkulturen

5.1.1 Wintererbsen – Standort Frankenhausen

In Tab. 11 sind die Gesamtpflanzenerträge der Wintererbsen in Reinsaat und verschiedene Futterwertparameter vom Standort Frankenhausen aufgeführt.

Tab. 11: Wintererbsenerträge (Ganzpflanzenernte) und Futterwertparameter am Standort Frankenhausen, 1999, 2000 und 2002.

	Schmalenbeck 1999	**Holzbeck 2000**	**Kleines Feld 2002**
Ertrag in dt TM/ha	58,8	57,4	54,0
TS-Gehalt in %	13,8	11,7	11,6
Rohproteingehalt in %	15,1	15,3	17,2
N-Ertrag in kg/ha	142,1	140,5	148,6
Energiedichte in MJ NEL/kg TM	5,9	5,8	5,2

In den Jahren 1999 und 2000 wurden die Wintererbsen im Entwicklungsstadium Blühbeginn bis Mitte der Blüte (BBCH-Code 61-64) geerntet. 2002 war die Entwicklung der Wintererbsen verzögert, die ersten Erbsen begannen bei der Ernte zu blühen (BBCH-Code 60).

In den drei Versuchsjahren lagen die Erträge der Erstkultur Wintererbse zwischen 54 und 58,8 dt TM/ha. Die TS-Gehalte bewegten sich dabei in einer Spanne von 11,6 bis 13,8 %. Bei Rohproteingehalten zwischen 15,1 und 17,3 % wurden mit dem Erntegut zwischen 140,5 und 148,6 kg Stickstoff je ha geerntet. Die Energiedichte der Wintererbsen lag in den Versuchsjahren 1999 und 2000 mit 5,9 bzw. 5,8 MJ NEL/kg TM auf etwa gleichem Niveau. Im Jahr 2002 war dieser mit 5,2 MJ NEL/kg TM niedriger.

5.1.2 Wintererbsen-Roggengemenge

In Tab. 12 sind die Erträge und Futterwertparameter des Wintererbsen-Roggengemenges vom Standort Frankenhausen dargestellt.

Tab. 12: Erträge und Futterwertparameter bei Ganzpflanzenernte von Winterbsen-Roggengemenge am Standort Frankenhausen 1999, 2000, 2002.

	Schmalenbeck 1999	**Holzbeck 2000**	**Kleines Feld 2002**
Ertrag in dt TM/ha	64,3	60,3	69,1
Roggenanteil in %	55,7	53,6	84,8
TS-Gehalt in %	21,9	21,6	18,1
Rohproteingehalt in %	10,1	10,5	9,0
N-Ertrag in kg/ha	103,9	101,3	99,5
Energiedichte in MJ NEL/kg TM	5,9	5,8	6,0

Zur Ganzpflanzenernte der Erbsen waren diese im Gemenge vergleichbar entwickelt wie in Reinsaat (vgl. Kap. 5.1.1), der Roggen befand sich in den Jahren 1999 und 2000 zur Ernte zu Beginn bis Mitte der Blüte (EC-Stadium 63-65). Im Jahr 2002 verlief beim Roggen wie bei den Erbsen die Entwicklung verzögert, so dass der Roggen zur Ernte mit dem Blühen begann (EC 61).

Die Erträge des Gemenges lagen zwischen 60 und 69 dt TM/ha mit TS-Gehalten von 18,1 % im Jahr 2002 bis 21,9 % im Jahr 1999. Der Roggenanteil im Gemenge lag in den Jahren 1999 und 2000 mit 55,7 bzw. 53,6 % auf nahezu gleichem Niveau, während im Jahr 2002 der Roggenanteil mit 84,8 % sehr hoch war. Bei Rohproteingehalten zwischen 9 und 10,5 % bewegten sich die N-Erträge um die 100 kg N/ha. Die Energiedichten in den einzelnen Jahren lagen zwischen 5,8 und 6,0 MJ NEL/kg TM.

5.1.3 Standort Hebenshausen

Im Versuchszeitraum 2000/2001 wurde auf den konventionell bewirtschafteten Standort Meierbreite ausgewichen (s. Kap. 4.1). Dort wurden die in Tab. 13 aufgeführten Erträge bei den Wintererbsen und beim Wintererbsen-Roggen-Gemenge erzielt.

Tab. 13: Erträge und Futterwertparameter bei der Ganzpflanzenernte von Wintererbsen und von Wintererbsen-Roggengemenge, Hebenshausen, 2001.

	Wintererbsen	Wintererbsen-Roggengemenge
Ertrag in dt TM/ha	57,3	72,7
Roggenanteil in %	-	77,5
TS-Gehalt in %	10,6	20,4
Rohproteingehalt in %	21,3	11,3
N-Ertrag in kg/ha	195,3	131,4
Energiedichte in MJ NEL/kg TM	5,9	5,9

Zur Ganzpflanzenernte der Erbsen befanden diese sich sowohl in Reinsaat als auch im Gemenge im Entwicklungsstadium Blühbeginn bis Mitte der Blüte (BBCH-Code 61-64). Der Roggen hatte begonnen zu blühen (EC-Stadium 63).

Die Wintererbsen in Reinsaat erzielten einen Ganzpflanzenertrag von 57 dt TM/ha mit einem TS-Gehalt von 10,6 %. Der Rohproteingehalt von 21,3 % führte zu einem N-Ertrag von 195,3 kg/ha. Die Energiedichte betrug 5,9 MJ NEL/kg TM.

Beim Gemenge betrug der Ganzpflanzenertrag 72,7 dt TM/ha mit einem TS-Gehalt von 20,4 % und einem Roggenanteil von 77,5 %. Der Rohproteingehalt lag bei 11,3 %, so dass der N-Ertrag 131,4 kg/ha betrug. Die Energiedichte lag ebenfalls bei 5,9 MJ NEL/ha.

5.2 Erträge und Futterwert bei Silomais

5.2.1 Schlag Schmalenbeck, Standort Frankenhausen 1998/1999

Im Jahr 1999 wurde aus betrieblichen Gründen keine Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“ ausgesät. In Abb. 11 sind die Erträge von Silomais nach den verschiedenen Erstkulturen und bei unterschiedlicher Düngung aufgeführt.

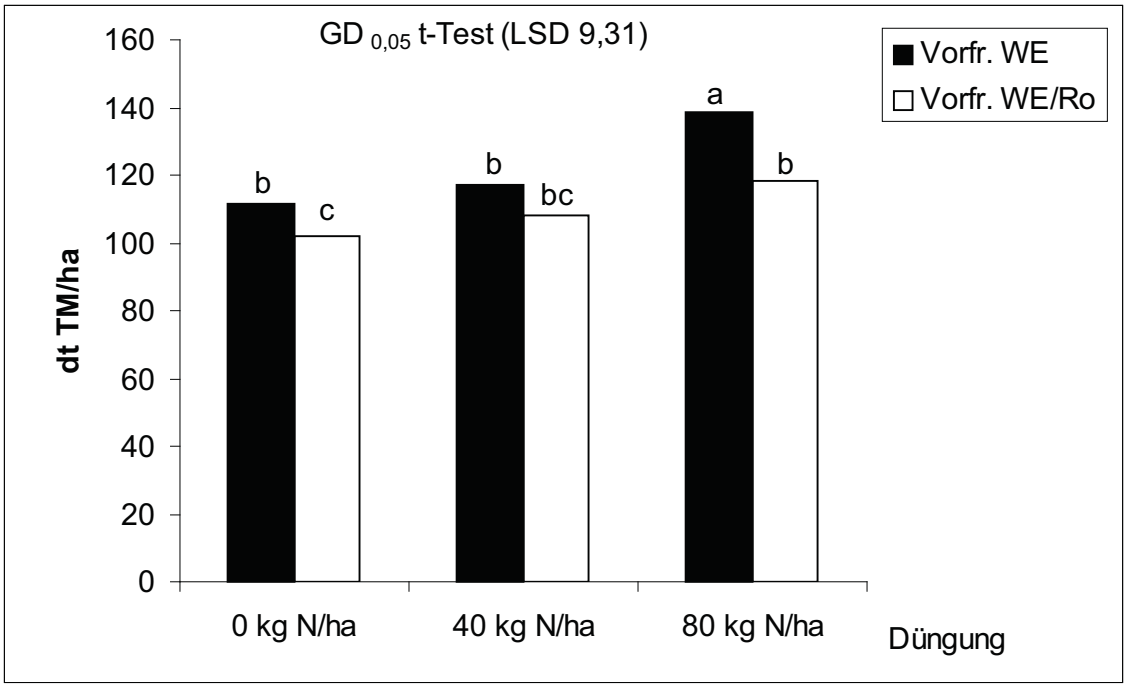


Abb. 11: Silomaiserträge nach den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) bei unterschiedlicher N-Düngung über Gülle, Standort Frankenhausen, 1999.

(Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Varianten, p=0,05.)

Der signifikant höchste Maisertrag wurde mit 138 dt TM/ha bei der Variante nach Wintererbsenvorfrucht und einer N-Düngung in Höhe von 80 kg/ha erzielt. Die Variante nach WE/Roggengemengevorfrucht ohne N-Düngung erreichte mit 102 dt TM/ha den niedrigsten Ertrag. In Tab. 14 sind die Erträge mit weiteren Ertragsparametern aufgeführt.

Tab. 14: Silomaiserträge und Ertragsparameter nach den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) mit verschiedenen N-Düngungsstufen (0, 40, 80 kg N/ha) über Gülle, Frankenhausen 1999.

Variante	Ertrag dt TM/ha	TS-Gehalt in %	Kolbenanteil in %
WE 0	111,3	31,3 a	52,7 a
WE 40	117,0	31,4 a	50,2 a
WE 80	138,7	32,1 a	52,7 a
WE/Ro 0	102,0	32,0 a	51,5 a
WE/Ro 40	108,1	31,5 a	51,9 a
WE/Ro 80	118,5	31,8 a	50,7 a

Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Varianten, p=0,05%. LSD TS-Gehalt: 2,1; LSD Kolbenanteil: 2,7.

Die Variante mit dem höchsten Maisertrag (WE 80) erreichte mit 32,1 % auch den höchsten TS-Gehalt. Die TS-Gehalte der anderen Varianten lagen auf niedrigerem, aber vergleichbarem Niveau. Aufgrund der statistischen Auswertung konnten zwischen allen Varianten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Die Kolbenanteile waren bei allen Varianten statistisch nicht unterscheidbar und betrugen durchschnittlich 51 %. Der höchste Kolbenanteil wurde mit 52,7 % bei der ertragreichsten Variante (WE 80) erzielt.

Tab. 15: Energiedichte, Energieerträge und Rohproteingehalt von Silomais nach den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) mit verschiedenen N-Düngungsstufen (0, 40, 80 kg N/ha) über Gülle, Frankenhausen 1999.

Variante	Stärkegehalt in %	Energiedichte MJ NEL/kg TM	Energieertrag GJ NEL/ha	Rohprotein-gehalt in %
WE 0	23,0	6,3	70,2	5,6
WE 40	23,1	6,3	73,7	5,7
WE 80	27,6	6,5	90,2	5,7
WE/Ro 0	22,5	6,2	63,2	5,1
WE/Ro 40	22,5	6,2	67,0	5,3
WE/Ro 80	22,9	6,3	74,7	5,4

In Tab. 15 sind die Energiedichten, Energieerträge und der Stärkegehalt zur Maisernte aufgeführt. Die höchste Energiedichte wurde mit 6,5 MJ NEL/kg TM bei der Variante mit Wintererbsenvorfrucht und einer N-Düngung in Höhe von 80 kg/ha ermittelt. Die Variante ohne N-Düngung und die mit der Gemengevorfrucht erzielten mit 6,2 MJ NEL die niedrigsten Energiedichten. Die Werte der anderen Varianten lagen zwischen diesen beiden Varianten.

Den höchsten Energieertrag erzielte mit 90,2 GJ/ha ebenfalls die WE 80-Variante. Den niedrigsten Energieertrag erreichte mit 63,2 GJ/ha die Variante mit der Gemengevorfrucht ohne N-Düngung.

Der höchste Rohproteingehalt wurde bei der WE 80-Variante mit 5,7 % erzielt. Generell lagen die RP-Gehalte bei den Varianten mit WE-Vorfrucht auf einem höheren Niveau als bei den Varianten mit Gemengevorfrucht.

5.2.2 Schlag Holzbeck, Standort Frankenhausen 1999/2000

In Abb. 12 sind die Erträge aus dem Jahr 2000 dargestellt.

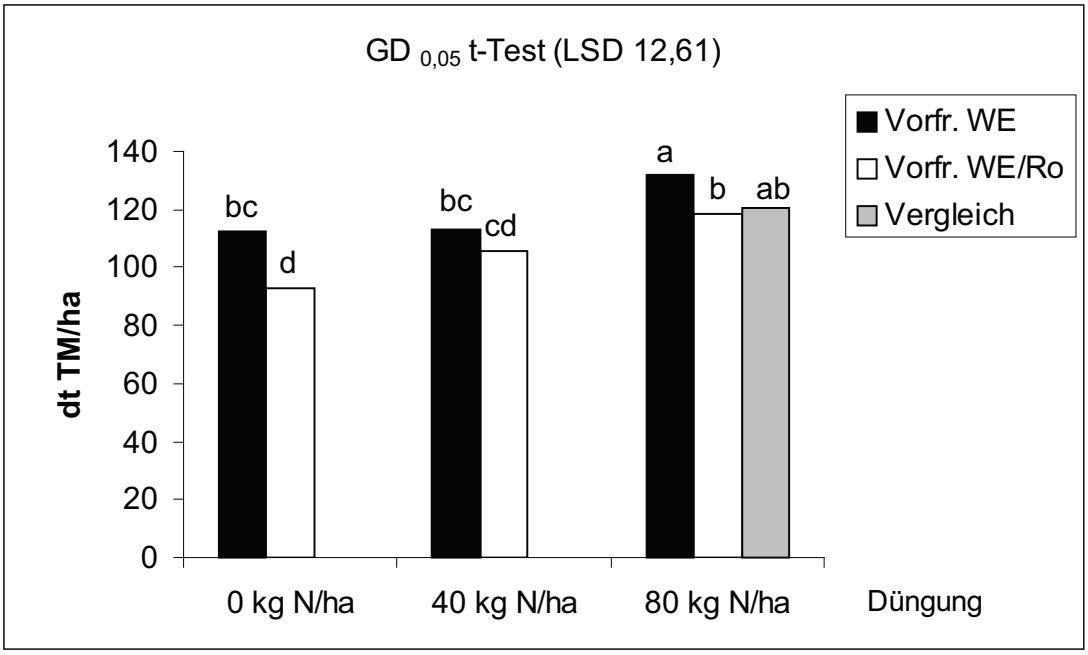


Abb. 12: Silomaiserträge nach den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) bzw. Wintererbsen-Roggen-Gemenge (WE/Ro) bei unterschiedlicher N-Düngung über Gülle und Silomais in Hauptfruchtstellung (Vergleich). Frankenhausen 2000.

(Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Varianten, p=0,05).

Den höchsten Ertrag erzielte mit 132,1 dt TM/ha die Variante mit einer N-Düngung von 80 kg/ha und mit Wintererbsenvorfrucht. Der Ertrag der Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“ lag mit 120,5 dt TM/ha auf einem niedrigeren Niveau. Dieser Unterschied war aber aufgrund der statistischen Auswertung nicht signifikant.

Eine N-Düngung in Höhe von 40 kg/ha führte bei Wintererbsenvorfrucht zu keiner Ertragssteigerung.

Die Erträge der Varianten mit der Vorfrucht Wintererbsen-Roggen-Gemenge lagen generell auf einem niedrigeren Niveau. Der signifikant niedrigste Ertrag wurde mit 93,1 dt/ha TM bei der Variante ohne N-Düngung ermittelt.

In Tabelle 16 sind neben den Erträgen die Ertragsparameter Kolbenanteil und Trockensubstanz aufgeführt.

Tab. 16: Silomaiserträge und Ertragsparameter nach den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) mit verschiedenen N-Düngungsstufen (0, 40, 80 kg N/ha) über Gülle und der Vergleichsvariante „in Hauptfruchtstellung“, Frankenhausen, 2000.

Variante	Ertrag dt TM/ha	TS-Gehalt in %	Kolbenanteil in %
WE 0	112,5	26,7 b	51,8 b
WE 40	112,8	26,1 b	50,3 b
WE 80	132,1	27,0 b	51,0 b
WE/Ro 0	93,1	28,0 b	51,3 b
WE/Ro 40	105,4	27,9 b	50,8 b
WE/Ro 80	118,4	27,4 b	51,2 b
Vergleich	120,5	31,6 a	54,8 a

Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Varianten, p=0,05%. LSD TS-Gehalt: 2,0; LSD Kolbenanteil: 2,4.

Bei der Vergleichsvariante lag der TS-Gehalt mit 31,6 % um 3,5 bis 5,5 % signifikant höher als bei den Hauptvarianten, die alle auf einem relativ gleichen Niveau lagen. .

Die Kolbenanteile der Hauptvarianten lagen zwischen 50,3 und 51,8 % und waren statistisch nicht unterscheidbar. Mit 54,8 % war bei der Vergleichsvariante ein signifikant höherer Kolbenanteil zu verzeichnen.

In Tabelle 17 sind die aufgrund der Futteruntersuchung analysierten Energiedichten, die Energieerträge und der Stärkegehalt bei den einzelnen Varianten dargestellt.

Tab. 17: Energiedichte, Energieerträge und Rohproteingehalt von Silomais nach den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) mit verschiedenen N-Düngungsstufen (0, 40, 80 kg N/ha) über Gülle und der Vergleichsvariante „in Hauptfruchtstellung“, Frankenhausen 2000.

Variante	Stärkegehalt in %	Energiedichte MJ NEL/kg TM	Energieertrag GJ NEL/ha	Rohprotein-gehalt in %
WE 0	23,0	6,2	69,7	6,5
WE 40	23,1	6,3	71,1	6,7
WE 80	23,3	6,3	83,2	6,8
WE/Ro 0	22,5	6,0	55,9	6,1
WE/Ro 40	23,1	6,3	66,4	6,4
WE/Ro 80	23,8	6,4	75,8	6,4
Vergleich	26,8	6,6	79,5	6,8

Die höchste Energiedichte wurde mit 6,6 MJ NEL/kg TM bei der Vergleichsvariante ermittelt. Die Variante ohne N-Düngung und mit der Gemengevorfrucht erzielte mit 6,0 MJ NEL die niedrigste Energiedichte. Die Werte der anderen Varianten lagen zwischen diesen beiden Varianten.

Den höchsten Energieertrag erzielte mit 83,2 GJ/ha die Variante mit Wintererbsenvorfrucht und einer N-Düngung von 80 kg/ha. Die Vergleichsvariante verzeichnete einen Energieertrag von 79,5 GJ/ha. Den niedrigsten Energieertrag erreichte mit 55,9 GJ/ha die Variante mit der Gemengevorfrucht ohne N-Düngung, die auch die niedrigste Energiedichte aufwies.

Die höchsten Rohproteingehalte erreichten mit 6,8 % die Vergleichsvariante und die WE 80-Variante. Der niedrigste RP-Gehalt war mit 6,1 % bei der WE/Ro Variante ohne N-Düngung zu verzeichnen. Generell waren die RP-Gehalte nach WE-Vorfucht höher als nach Gemengevorfrucht.

5.2.3 Schlag Meierbreite, Standort Hebenshausen 2000/2001

Im Untersuchungszeitraum 2000/2001 wurde der Versuch auf dem konventionell bewirtschafteten Standort Meierbreite durchgeführt. Die Maisparzellen nach der Gemengevorfrucht wurden durch Vogelfraß nahezu komplett zerstört, so dass der Mais erst sehr spät nachgelegt wurde. Die Erträge, Ertragsparameter und Futterwertergebnisse können nicht als repräsentativ angesehen werden und werden deshalb nicht zur Auswertung herangezogen.

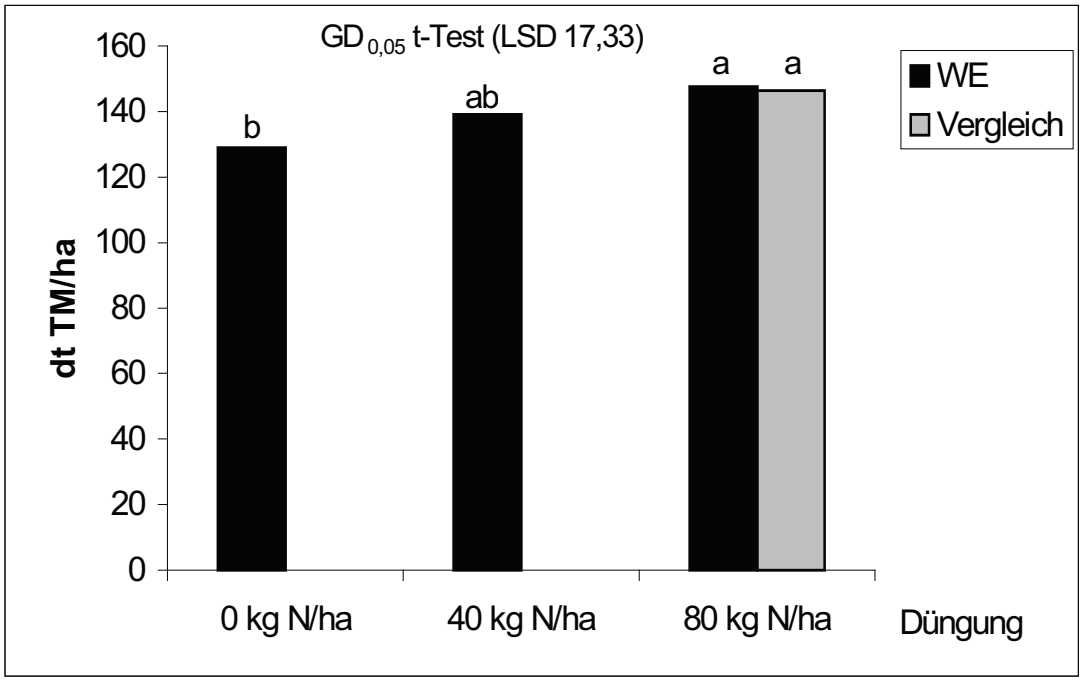


Abb. 13: Silomaiserträge nach den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) bzw. Wintererbsen-Roggen-Gemenge (WE/Ro) bei unterschiedlicher N-Düngung über Gülle und Silomais in Hauptfruchtstellung (Vergleich), Hebenshausen 2001.

(Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Varianten, p=0,05).

Der höchste Ertrag wurde mit 147,7 dt TM/ha bei der Variante mit Wintererbsenvorfrucht und einer N-Düngung in Höhe von 80 kg/ha erzielt. Die Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“ lag mit 146,6 dt TM auf nahezu gleichem Niveau. Ohne zusätzliche N-Düngung betrug nach Wintererbsenvorfrucht der Ertrag 129 dt TM/ha, der signifikant niedriger als bei den anderen Varianten lag..

In Tab. 18 sind neben den Erträgen die Ertragsparameter Kolbenanteil und TS-Gehalt aufgeführt.

Tab. 18: Silomaiserträge und Ertragsparameter nach der Vorfrucht Wintererbsen (WE) mit verschiedenen N-Düngungsstufen (0, 40, 80 kg N/ha) über Gülle und der Vergleichsvariante „in Hauptfruchtstellung“, Hebenshausen 2001.

Variante	Ertrag dt TM/ha	TS-Gehalt in %	Kolbenanteil in %
WE 0	129,0 b	30,4 b	51,4 b
WE 40	139,1 ab	33,8 a	53,4 a
WE 80	147,7 a	34,2 a	53,6 a
Vergleich	146,4 a	33,9 a	53,5 a

Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Varianten, p=0,05%. LSD Ertrag: 17,33; LSD TS-Gehalt: 2,1; LSD Kolbenanteil: 1,36.

Bei der Variante mit Wintererbsenvorfrucht und 80 kg N-Düngung lag der TS-Gehalt mit 34,2 % am höchsten. Bei den anderen Wintererbsenvorfruchtvarianten wurden etwas niedrigere TS-Gehalte erzielt, wobei nur der niedrigere TS-Gehalt der Variante ohne N-Düngung statistisch abgesichert werden konnte. Bei der Vergleichsvariante betrug der TS-Gehalt 33,9 %.

Der Kolbenanteil lag bei den Varianten mit Wintererbsenvorfrucht generell über 50 %, bei der Variante mit einer 80 kg N-Düngung konnte mit 53,6 % der höchste Kolbenanteil verzeichnet werden. Damit lag er signifikant höher als bei der Variante ohne N-Düngung. Der Kolbenanteil bei der Vergleichsvariante lag mit 53,5 % auf nahezu gleichem Niveau.

In Tabelle 19 sind die Energiedichten und die Energieerträge je ha der einzelnen Varianten dargestellt.

Tab. 19: Energiedichte, Energieerträge und Rohproteingehalt von Silomais nach der Vorfrucht Wintererbsen (WE) mit verschiedenen N-Düngungsstufen (0, 40, 80 kg N/ha) über Gülle und der Vergleichsvariante „in Hauptfruchtstellung“, Hebenshausen 2001.

Variante	Stärkegehalt in %	Energiedichte MJ NEL/kg TM	Energieertrag GJ NEL/ha	Rohprotein-gehalt in %
WE 0	23,1	6,5	83,9	7,9
WE 40	23,0	6,5	90,4	7,9
WE 80	25,5	6,7	99,0	8,0
Vergleich	25,1	6,6	96,8	7,8

Die höchste Energiedichte wurde mit 6,7 MJ NEL/kg TM bei der Variante mit Wintererbsenvorfrucht und 80 kg/ha N-Düngung erzielt. Die Energiedichte der Vergleichsvariante befand sich nur knapp unter diesem Wert.

Den höchsten Energieertrag erzielte mit 99,0 GJ/ha ebenfalls die Variante mit Wintererbsenvorfrucht und einer N-Düngung von 80 kg/ha. Die Vergleichsvariante verzeichnete mit 96,8 MJ NEL/kg TM einen etwas niedrigeren Energieertrag.

Den höchsten Rohproteingehalt erzielte mit 8 % die WE 80-Variante. Die beiden anderen Varianten mit WE-Vorfrucht lagen mit 7,9 % leicht unter diesem Wert. Bei der Vergleichsvariante betrug der RP-Gehalt 7,8 %.

5.2.4 Schlag Kleines Feld, Standort Frankenhausen 2001/2002

In Abb. 14 sind die Silomaiserträge aus dem Jahr 2002 aufgeführt.

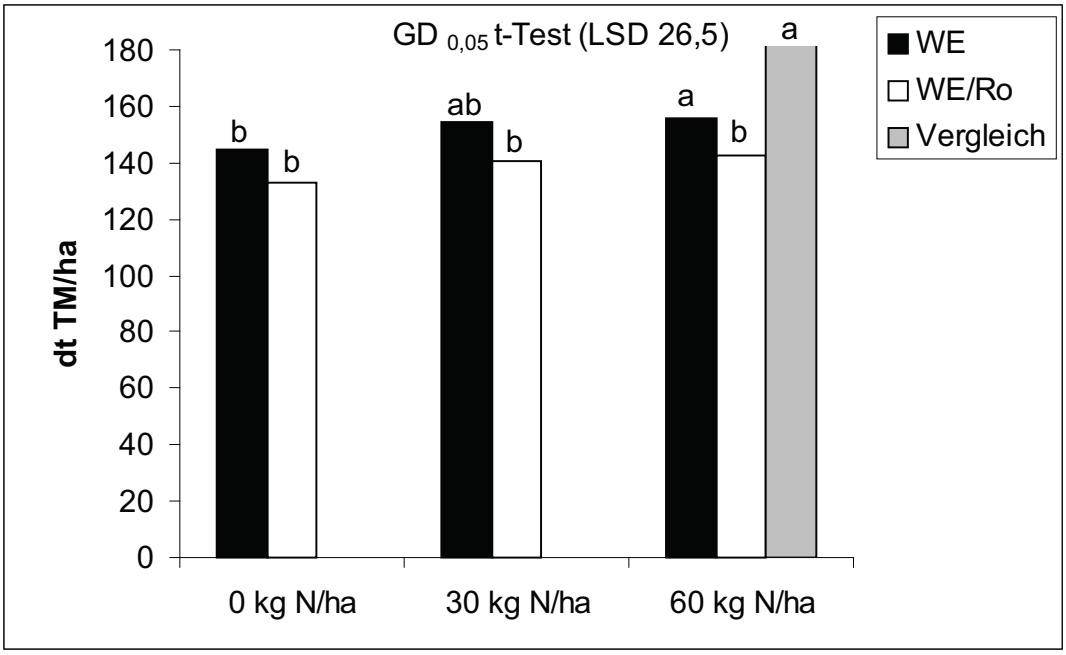


Abb. 14: Silomaiserträge nach den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) bzw. Wintererbsen-Roggen-Gemenge (WE/Ro) bei unterschiedlicher N-Düngung über Gülle und Silomais in Hauptfruchtstellung (Vergleich). Frankenhausen 2002.

(Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Varianten, p=0,05).

Den höchsten Maisertrag erzielte mit 182,1 dt TM/ha die Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“, gefolgt von der Variante nach Wintererbsenvorfrucht mit 60 kg N-Düngung, die einen Ertrag von 156,1 dt TM/ha aufwies. Dieser Unterschied konnte nicht als signifikant abgesichert werden. Die Variante mit Wintererbsenvorfrucht ohne N-Düngung lag auf einem signifikant niedrigeren Niveau ebenso wie die Varianten mit Gemengevorfrucht.

In Tab. 20 sind die Ertragsparameter TS-Gehalt und Kolbenanteil der einzelnen Varianten dargestellt.

Tab. 20: Silomaiserträge und Ertragsparameter nach den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) mit verschiedenen N-Düngungsstufen (0, 40, 80 kg N/ha) über Gülle und der Vergleichsvariante „in Hauptfruchtstellung“, Frankenhausen 2002.

Variante	Ertrag dt TM/ha	TS-Gehalt in %	Kolbenanteil in %
WE 0	145,0	27,6 b	48,8 b
WE 30	154,4	28,4 b	49,7 a
WE 60	156,1	27,8 b	51,2 a
WE/Ro 0	133,1	27,5 b	47,3 b
WE/Ro 30	140,4	27,9 b	48,1 b
WE/Ro 60	142,8	28,8 b	51,0 a
Vergleich	182,1	30,8 a	50,0 a

Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Varianten, p=0,05%. LSD Ertrag: 17,33; LSD TS-Gehalt: 1,8; LSD Kolbenanteil: 1,7.

Der höchste TS-Gehalt wurde mit 30,8 % bei der Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“ erzielt. Die TS-Gehalte bei den Hauptvarianten bewegten sich auf einem signifikant niedrigeren Niveau zwischen 27,5 und 28,8 %. Die höchsten Kolbenanteile wurden mit 51,2 % (WE 60) bzw. 51,0 % (WE/Ro 60) bei den Hauptvarianten mit jeweils 60 kg N-Düngung erreicht. Bei der Vergleichsvariante lag der Kolbenanteil bei 50 %. Signifikant niedrigere Kolbenanteile erreichten die Varianten ohne N-Düngung und die Variante nach Gemengevorfrucht mit 30 kg N-Düngung.

Tab. 21: Energiedichte und Energieerträge von Silomais nach den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) mit verschiedenen N-Düngungsstufen (0, 40, 80 kg N/ha) über Gülle und der Vergleichsvariante „in Hauptfruchtstellung“, Frankenhausen 2002.

Variante	Stärkegehalt in %	Energiedichte MJ NEL/kg TM	Energieertrag GJ NEL/ha	Rohprotein-gehalt in %
WE 0	23,6	6,2	89,9	7,5
WE 30	23,6	6,2	95,7	7,5
WE 60	29,0	6,5	101,5	7,7
WE/Ro 0	22,8	6,0	79,9	7,3
WE/Ro 30	23,0	6,1	85,6	7,4
WE/Ro 60	23,8	6,2	88,5	7,8
Vergleich	32,1	6,7	122,0	8,1

Die höchste Energiedichte wurde mit 6,7 MJ NEL/kg TM bei der Vergleichsvariante ermittelt. Die Variante ohne N-Düngung und mit der Gemengevorfrucht erzielte mit 6,0 MJ NEL die niedrigste Energiedichte. Die Werte der anderen Varianten lagen zwischen diesen beiden Varianten.

Den höchsten Energieertrag erzielte mit 122 GJ/ha die Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“. Die Variante mit Wintererbsenvorfrucht und 60 kg N-Düngung hatte mit 101,5 GJ/ha den höchsten Energieertrag bei den Hauptvarianten. Den niedrigsten Energieertrag erreichte mit 79,9 GJ/ha die Variante mit der Gemengevorfrucht ohne N-Düngung, die auch die niedrigste Energiedichte aufwies.

Der höchste Rohproteingehalt wurde mit 8,1 % bei der Vergleichsvariante festgestellt, gefolgt von der WE/Ro 60-Variante mit 7,8 %. Die WE 60-Variante erzielte einen RP-Gehalt von 7,7 %. Der niedrigste RP-Gehalt wurde bei der WE/Ro mit 7,3 % festgestellt.

5.2.5 Erträge des Sortenscreenings zur Spätsaatverträglichkeit

In Abb. 15 und Abb. 16 sind die Erträge verschiedener Maissorten dargestellt, die in einem Sortenscreening am Standort Hebenshausen auf ihre Spätsaatverträglichkeit untersucht wurden.

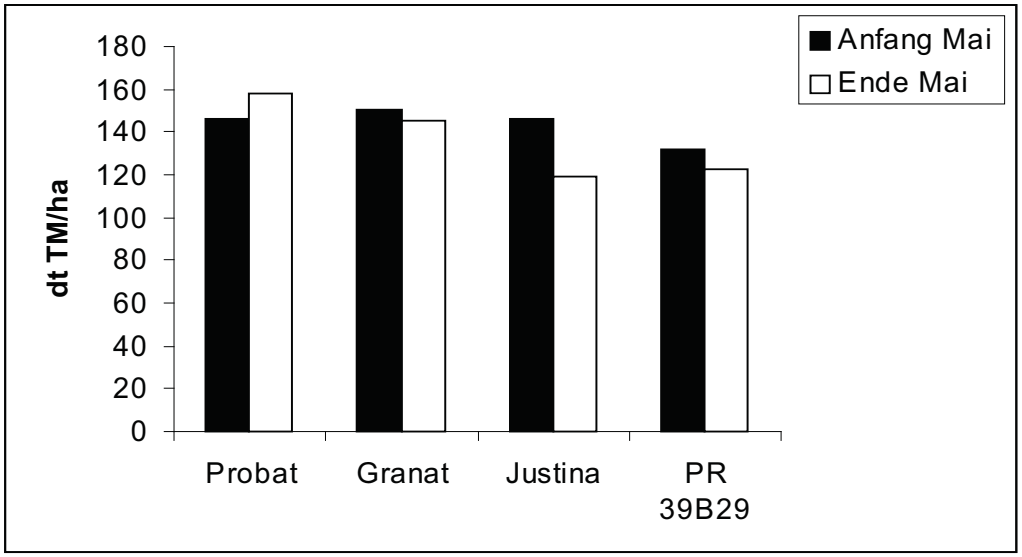


Abb. 15: Silomaiserträge (dt TM/ha) von vier Sorten bei den Saatzeitpunkten Anfang und Ende Mai, Hebenshausen, 2001.

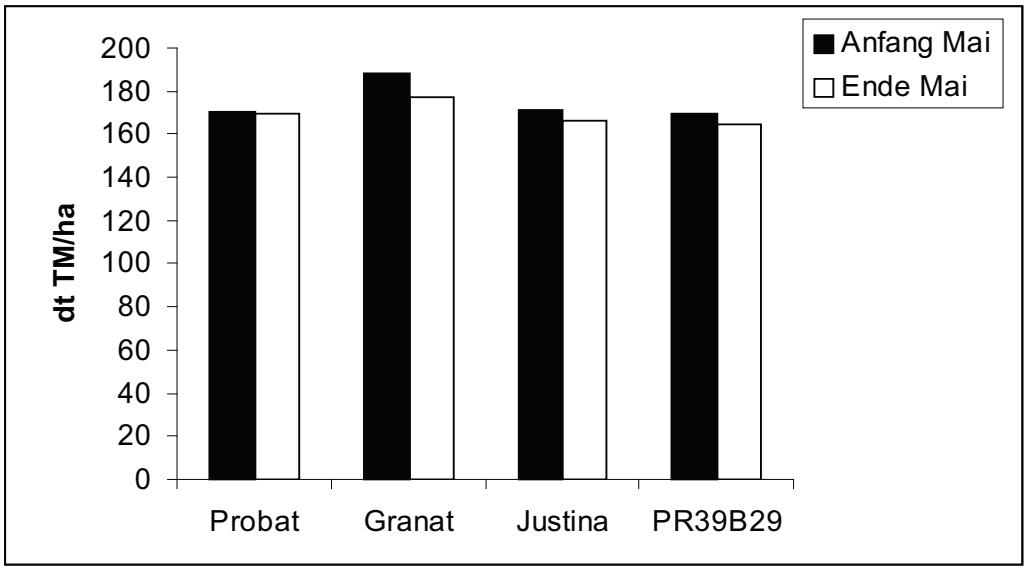


Abb. 16: Silomaiserträge (dt TM/ha) von vier Sorten bei den Saatzeitpunkten Anfang und Ende Mai, Hebenshausen, 2002.

In beiden Untersuchungsjahren zeigte sich, dass nur die Sorte Probat bei Spätsaat einen vergleichbaren bzw. in 2001 sogar einen höhern Ertrag als bei Normalsaat Anfang Mai erzielen

konnte. Die besonders früh abreifenden Sorten Justina und PR39B29 konnten hingegen bei Spätsaat keinen höheren oder vergleichbaren Ertrag erreichen. Die Sorte Granat als spätere Sorte fiel bei Spätsaat ebenfalls im Ertrag ab.

5.3 Gesamtflächenerträge pro Jahr

Im Zweikulturnutzungssystem werden in einem Jahr zwei Ernten (Wintererbsen bzw. Wintererbsen-Roggengemenge und Silomais) durchgeführt. Für die Berechnung des Gesamtflächenertrags pro Jahr müssen die Erträge von Erst- und Zweitkultur addiert werden. Bei der Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“ findet eine Ernte im Jahr statt.

5.3.1 Schlag Schmalenbeck, Standort Frankenhausen 1999

In Abb. 17 sind die Erträge aus dem Jahr 1999 aufgeführt.

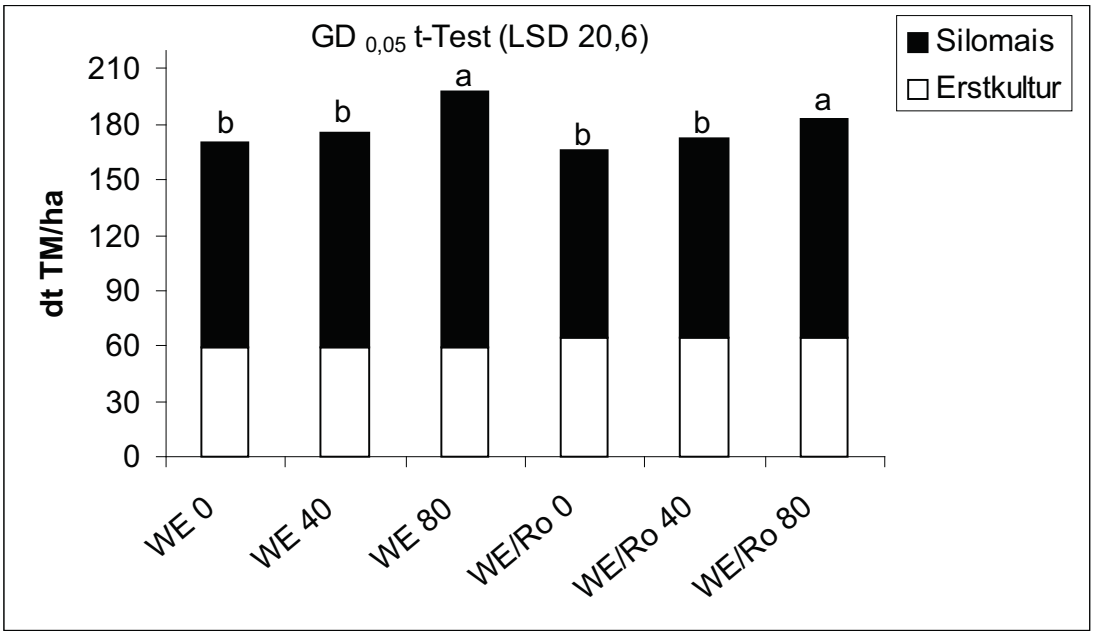


Abb. 17: Gesamtflächenerträge in dt TM/ha und Jahr von Silomais und den Erstkulturen Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) bei unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg N/ha über Gülle), Frankenhausen 1999.

Den höchsten Gesamtflächenertrag je ha und Jahr erzielte mit 197 dt TM/ha die Variante Silomais mit Wintererbsenvorfrucht und einer N-Düngung von 80 kg/ha. Dieser Ertrag war signifikant höher als bei den Varianten mit Wintererbsenvorfrucht und den anderen Düngungsstufen. Der Ertrag setzt sich zu einem knappen Drittel aus der Erstkultur Wintererbsen und zu über zwei Dritteln aus dem Silomais zusammen. Bei der Variante mit WE/Ro-Vorfrucht und

80 kg N-Düngung war der Gesamtertrag mit 182,8 dt TM/ha geringer, was aber statistisch nicht abgesichert werden konnte. Der geringste Gesamtertrag wurde mit 166 dt TM/ha bei der Variante mit Wintererbsen-Roggengemenge als Erstkultur ohne N-Düngung erreicht. Aufgrund der statistischen Auswertung konnte diese Tendenz nicht abgesichert werden.

5.3.2 Schlag Holzbeck, Standort Frankenhausen 2000

Bei Betrachtung des Gesamtflächenertrags (Abb. 18) wird deutlich, dass auch bei den Varianten mit geringeren Silomaiserträgen als bei der Vergleichsvariante der Gesamtflächenertrag aus Erst- und Zweitkultur höher liegt. Den höchsten Gesamtertrag erzielte die Variante mit Wintererbsenvorfrucht und einer N-Düngung von 80 kg/ha.

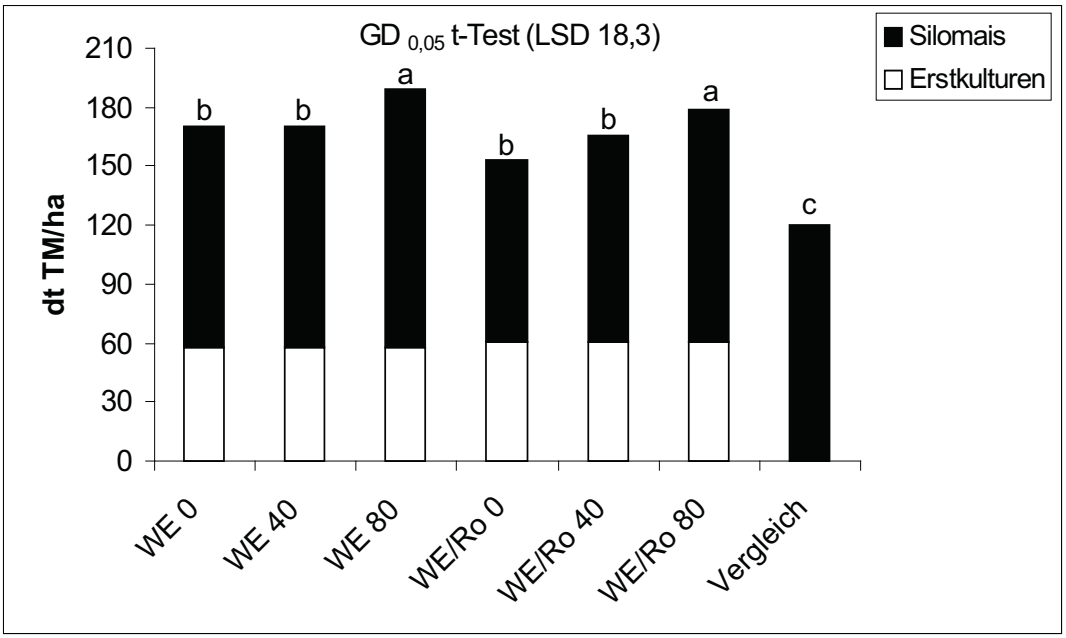


Abb. 18: Gesamtflächenerträge in dt TM/ha und Jahr von Silomais und den Erstkulturen Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) bei unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg N/ha über Gülle) und der Vergleichsvariante „in Hauptfruchtstellung" mit 80 kg N/ha, Frankenhausen 2000.

(Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Varianten, p=0,05).

Den höchsten Gesamtflächenertrag erzielte mit 189,5 dt TM/ha die Variante mit WE-Vorfrucht und 80 kg N-Düngung. Der Ertrag der Variante mit Gemengevorfrucht und 80 kg N-Düngung war um 10 dt TM/ha niedriger, was statistisch aber nicht abgesichert werden konnte. Den niedrigsten Gesamtertrag erzielte mit 120 dt TM/ha die Vergleichsvariante, wo nur eine Kultur pro Jahr geerntet wurde.

5.3.3 Schlag Meierbreite, Standort Hebenshausen 2001

In Abb. 19 sind die Gesamterträge aus dem Untersuchungszeitraum 2000/2001 aufgeführt.

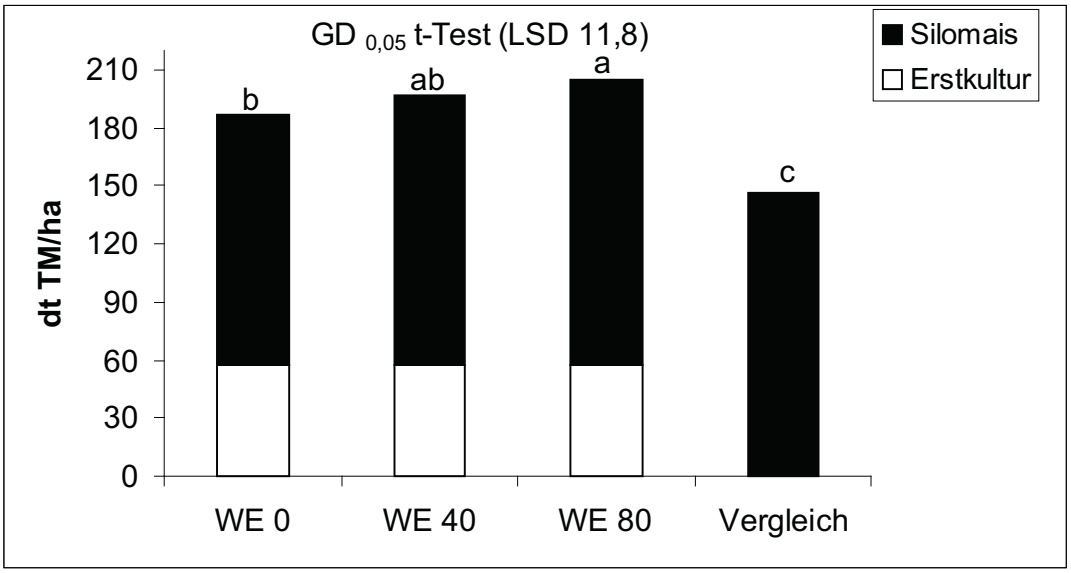


Abb. 19: Gesamtflächenerträge in dt TM/ha und Jahr von Silomais nach der Erstkultur Wintererbse (WE) bei unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg N/ha über Gülle) und der Vergleichsvariante „in Hauptfruchtstellung“ mit 80 kg N/ha, Hebenshausen 2001.

(Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Varianten, p=0,05).

Den signifikant höchsten Gesamtertrag erreichte mit 205 dt TM/ha die Variante mit Wintererbsenvorfucht und 80 kg N-Düngung je ha. Die Variante mit WE-Vorfrucht ohne N-Düngung lag mit 186,3 dt TM/ha auf einem signifikant niedrigerem Niveau. Bei der Vergleichsvariante ohne Vorfrucht wurde mit 146,6 dt TM/ha der signifikant niedrigste Ertrag erzielt.

5.3.4 Schlag Kleines Feld, Standort Frankenhausen 2002

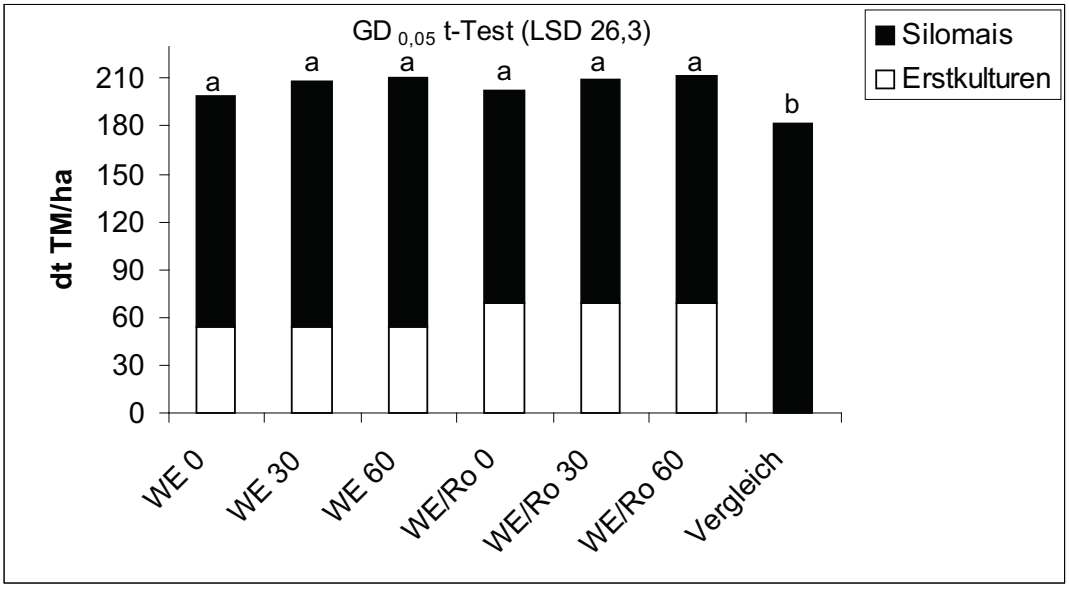


Abb. 20: Gesamtflächenerträge in dt TM/ha und Jahr von Silomais und den Erstkulturen Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) bei unterschiedlicher N-Düngung (0, 30, 60 kg N/ha über Gülle) und der Vergleichsvariante „in Hauptfruchtstellung“ mit 80 kg N/ha, Frankenhausen 2002.

(Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Varianten, p=0,05).

Alle Hauptvarianten lagen aufgrund der statistischen Auswertung auf einem Niveau. Dabei wurden die geringeren Maiserträge bei den Varianten mit Gemengevorfrucht (Abb. 20) durch den höheren Ertrag des Gemenges ausgeglichen. Der Ertrag der Vergleichsvariante lag signifikant niedriger, wenn auch deutlich höher als in den anderen Jahren.

5.4 Boniturdaten Maisentwicklung

Im Folgenden werden die Entwicklungsverläufe der Hauptvarianten und der Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“ dargestellt. Zwischen den Hauptvarianten konnten weder hinsichtlich der Vorfrucht noch der N-Düngung Entwicklungsunterschiede verzeichnet werden, so dass diese zusammengefasst aufgeführt werden.

Tab. 22: Entwicklungsverlauf von Silomais nach Wintererbsen- bzw. Wintererbsen- Roggen-Vorfrucht (nach SCHÜTTE und MEIER, 1981, zit. in ZSCHEISCHLER et al., 1990), Frankenhausen 1999.

Datum	**Entwicklungsstadium (EC-Stadium)**
05.06.	15
10.06.	19-21
15.06.	22
29.06.	24
02.07.	25
14.07.	26
27.07.	31-32
05.08.	51
10.08.	55-59
16.08.	61-65
21.08.	73-75
25.08.	77-79
13.09.	81
22.09.	82
07.10.	84

Wie Tab. 22 zu entnehmen ist, erfolgte der Übergang von der vegetativen in die generative Phase im Zeitraum zwischen dem 10.08. und dem 16.08. Sie benötigten demnach einen Zeitraum zwischen 74 und 80 Tagen von der Aussaat bis zum Übergang in die generative Phase. Bis zur Ernte im EC-Stadium 84 lag ein Zeitraum von 52 Tagen.

Die gesamte Vegetationsdauer betrug 132 Tage.

Tab. 23: Entwicklungsverlauf von Silomais nach Wintererbsen- bzw. Wintererbsen- Roggen-Vorfrucht und in Hauptfruchtstellung (nach SCHÜTTE und MEIER, 1981, zit. in ZSCHEISCHLER et al., 1990), Frankenhausen 2000.

Datum	**Hauptvarianten Entwicklungsstadium (EC-Stadium)**	**Vergleichsvariante Entwicklungsstadium (EC-Stadium)**
08.05.		17
23.05.		22
06.06.	11	22
13.06.	19	23
18.06.	19-21	24
23.06.	21	24-25
05.07.	22-23	31
12.07.	23	33-34
27.07.	23-24	59-65
03.08.	26	71-73
12.08.	51	75
21.08.	61-65	75-77
31.08.	75	77
06.09.	77-79	82
13.09.	81	83
22.09.	82	84
02.10.	82	
16.10.	83	

Tab. 23 ist zu entnehmen, dass im Versuchsjahr 2000 der Übergang von der vegetativen in die generative Phase bei den Hauptvarianten in dem Zeitraum vom 12.08. bis zum 21.08 erfolgte. Sie benötigten demnach einen Zeitraum zwischen 78 und 87 Tagen von der Aussaat bis zum Übergang in die generative Phase. Bis zur Ernte im EC-Stadium 83 benötigten die Hauptvarianten dann noch 56 Tage. Bei der Vergleichsvariante begann die generative Phase bereits am 27.07., 88 Tage nach der Aussaat. Die Ernte der Vergleichsvariante erfolgte am 28.09., so dass diese ab dem Eintritt in die generative Phase 63 Tage bis zum Erreichen des EC-Stadiums 84 benötigten.

Die gesamte Vegetationsdauer betrug bei den Hauptvarianten 143 Tage und bei der Vergleichsvariante 151 Tage.

Im Versuchsjahr 2001 erfolgte der Übergang von der vegetativen in die generative Phase bei den Varianten mit WE-Vorfrucht zwischen dem 23.08. und dem 29.08. (Tab. 24). Sie benötigten demnach einen Zeitraum zwischen 91 und 97 Tagen von der Aussaat bis zum Übergang in die generative Phase. Bis zur Ernte im EC-Stadium 83-84 benötigten die Hauptvarianten dann noch 49 Tage. Bei der Vergleichsvariante begann die generative Phase bereits ab dem 06.08., also 87 Tage nach der Aussaat. Die Ernte der Vergleichsvariante erfolgte am 02.10., so dass diese ab dem Eintritt in die generative Phase 57 Tage bis zum Erreichen des EC-Stadiums 84 benötigten.

Die gesamte Vegetationsdauer betrug bei den Varianten mit WE-Vorfrucht 156 Tage und bei der Vergleichsvariante 164 Tage.

Tab. 24: Entwicklungsverlauf von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht (WE) und in Hauptfruchtstellung (nach SCHÜTTE und MEIER, 1981, zit. in ZSCHEISCHLER et al., 1990), Hebenshausen 2001.

Datum	**WE Vorfrucht Entwicklungsstadium (EC-Stadium)**	**Vergleichsvariante Entwicklungsstadium (EC-Stadium)**
21.05.		11
30.05.		19
06.06.	11	21
20.06.	19	23
27.06..	19-21	23
03.07.	21	24
12.07.	22-23	31
29.07.	23	36
06.08.	23-24	61
13.08.	32	73-75
23.08.	55-59	77
29.08.	61-65	79
06.09.	77-79	81
12.09.	81	82
22.09.	82	83
02.10.	82	83-84
16.10.	83-84	

Tab. 25: Entwicklungsverlauf von Silomais nach Wintererbsen- bzw. Wintererbsen- Roggen-Vorfrucht und in Hauptfruchtstellung (nach SCHÜTTE und MEIER, 1981, zit. in ZSCHEISCHLER et al., 1990), Frankenhausen 2002.

Datum	**Hauptvarianten Entwicklungsstadium (EC-Stadium)**	**Vergleichsvariante Entwicklungsstadium (EC-Stadium)**
25.05.		11
08.06.	11	19
15.06.	19	23
25.06.	21	24
03.07.	22-23	25-26
12.07.	23-24	33-34
22.07.	25	51
29.07.	31-32	59-61
06.08.	35-51	75
11.08.	59-61	77-79
18.08.	73-75	79
23.08.	75-77	79-81
03.09.	81-82	82-83
11.09.	82	83-84
18.09.	82	84
25.09.	82-83	84 (Ernte)
02.10.	83-84 (Ernte)	

Im Versuchsjahr 2002 erfolgte der Übergang von der vegetativen in die generative Phase bei den Hauptvarianten am 11.08. (Tab. 25). Sie benötigten demnach 70 Tage von der Aussaat bis

zum Übergang in die generative Phase. Bis zur Ernte im EC-Stadium 83-84 benötigten die Hauptvarianten dann noch 52 Tage. Bei der Vergleichsvariante begann die generative Phase bereits ab dem 29.07., also 77 Tage nach der Aussaat. Die Ernte der Vergleichsvariante erfolgte am 25.09., so dass diese ab dem Eintritt in die generative Phase 58 Tage bis zum Erreichen des EC-Stadiums 84 benötigten.

Die gesamte Vegetationsdauer betrug bei den Hauptvarianten 122 Tage und bei der Vergleichsvariante 135 Tage.

5.5 Unkrautbonitur und Bestandespflege

In allen Versuchsjahren wurden in den Erstkulturen keinerlei Bestandespflegemaßnahmen durchgeführt. Im Folgenden werden für die einzelnen Versuchsjahre bzw. Standorte die Boniturdaten für den Unkrautbesatz in Erst- und Zweitkulturen und die im Mais durchgeführten Bestandespflegemaßnahmen dargestellt. Bei den einzelnen Düngungsvarianten im Mais gab es hinsichtlich des Unkrautbedeckungsgrades keine Unterschiede, so dass diese gemeinsam unter den verschiedenen Vorfrüchten Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) dargestellt werden.

5.5.1 Schlag Schmalenbeck, Standort Frankenhausen 1998/99

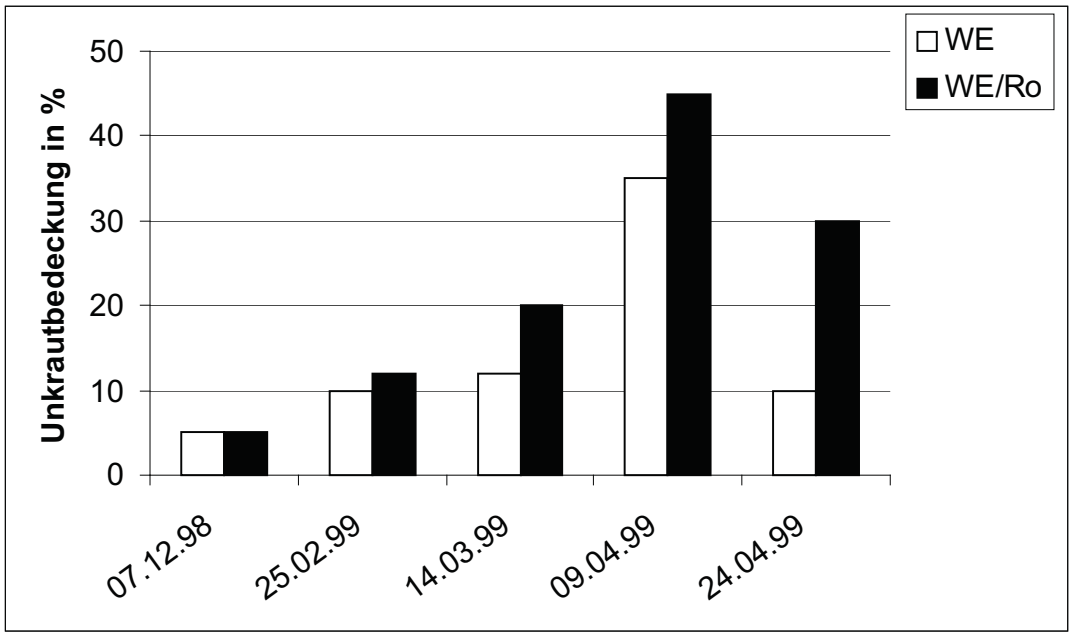


Abb. 21: Unkrautbedeckungsgrade bei den Erstkulturen Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro), Frankenhausen, 1998/1999.

Wie Abb. 21 zeigt, stieg ab Februar 1999 die Unkrautbedeckung bei beiden Kulturen bis zum Termin am 09.04.99 an, wobei bei dem Gemenge der Bedeckungsgrad stets höher lag. Im April sank der Unkrautbedeckungsgrad innerhalb von 2 Wochen vor allem bei den Wintererbsen stark von 35 % auf 10 %. Beim Gemenge sank der Besatz von 45 % auf 30 %. In diesem Zeitraum entwickelten sich die Erstkulturen besonders stark.

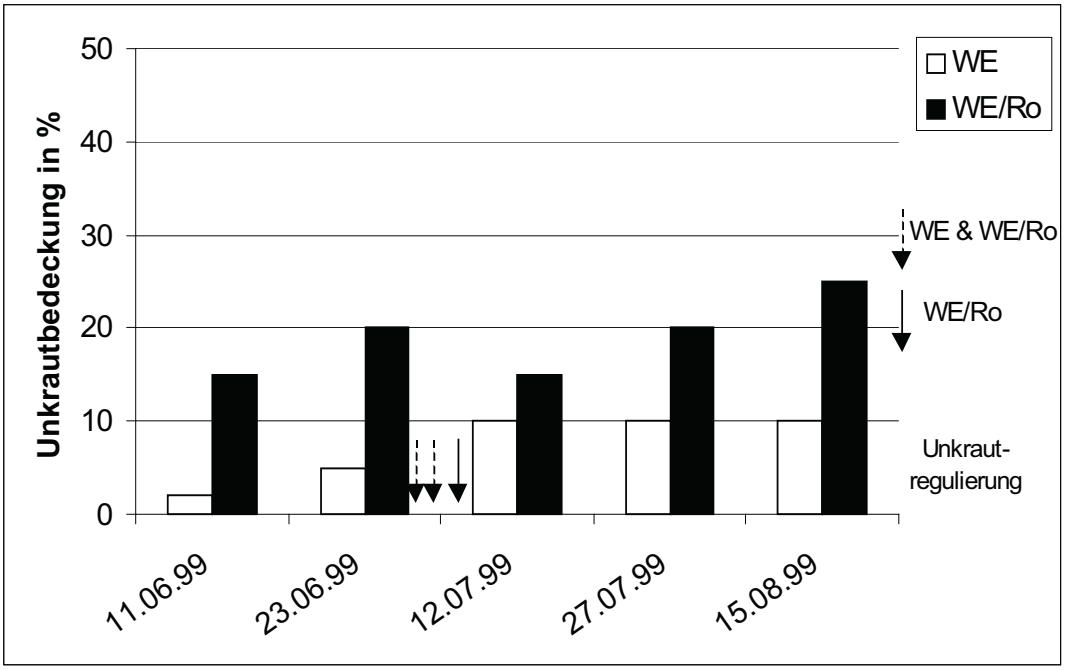


Abb. 22: Unkrautbedeckungsgrad und Zeitpunkte der Unkrautregulierung bei Silomais nach Wintererbsen(WE)- und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro), Frankenhausen, 1999.

In Abb. 22 ist zu sehen, dass zu allen Boniturterminen der Unkrautbedeckungsgrad bei Mais nach WE-Vorfrucht niedriger als nach Gemengevorfrucht war. Beide Varianten wurden am 23.06. (nach der Gülledüngung), also vier Wochen nach der Saat das erste mal und am 05.07. das zweite mal maschinell zwischen den Reihen gehackt. Die Varianten mit WE/Ro- Vorfrucht wurden zusätzlich am 11.07. mit der Hand in der Reihe gehackt. Nach dieser Maßnahme ging der Unkrautbedeckungsgrad dementsprechend zurück. In der Folgezeit stieg der Unkrautbedeckungsgrad bei den WE/Ro-Varianten wieder an und stagnierte mit einsetzendem Reihenschließen beim Mais ab Mitte August. Bei den WE-Varianten stieg der Unkrautbedeckungsgrad zu keinem Termin über 10 %.

5.5.2 Schlag Holzbeck, Standort Frankenhausen, 1999/2000

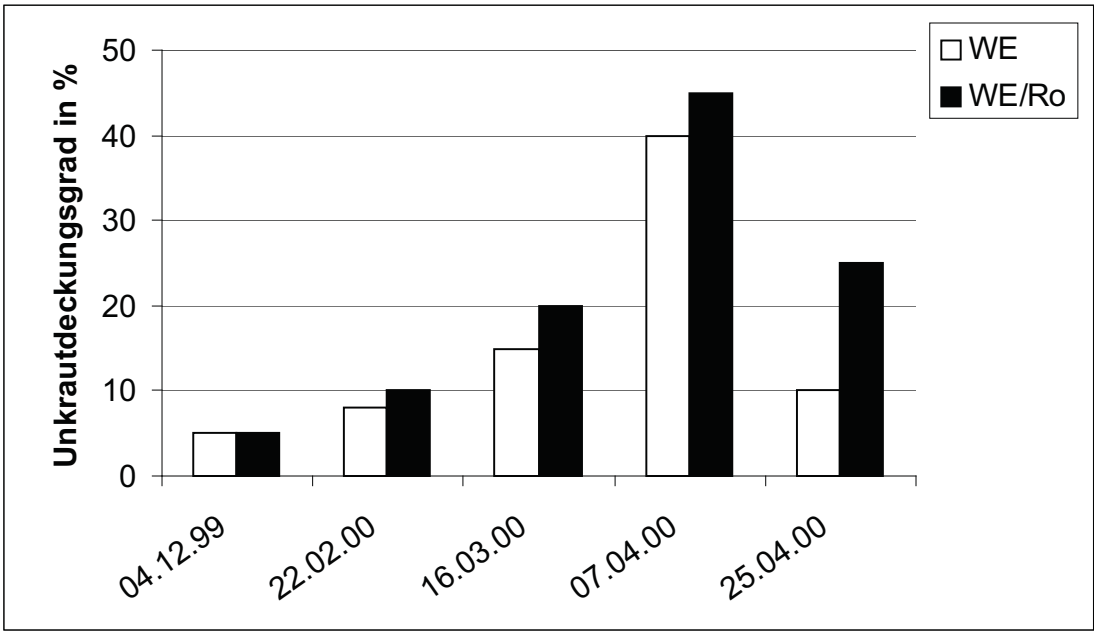


Abb. 23: Unkrautbedeckungsgrade bei den Erstkulturen Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro), Frankenhausen, 1999/2000.

Im Dezember 1999 betrug der Unkrautbedeckungsgrad bei allen Varianten 5 %, wie Abb. 23 zu entnehmen ist. Ab Februar 1999 stieg die Unkrautbedeckung bei beiden Kulturen bis zum Termin am 07.04. an, wobei der Unkrautbedeckungsgrad bei den Erbsen am 07.04. mit 40 % nur geringfügig unter dem des Gemenges lag. Danach ging der Unkrautbesatz stark zurück und lag Ende April bei den Erbsen bei 10 %. Beim Gemenge war der Rückgang weniger stark, der Unkrautbesatz lag Ende April bei 25 %. In diesem Zeitraum setzte eine starke Entwicklung der Erstkulturen ein.

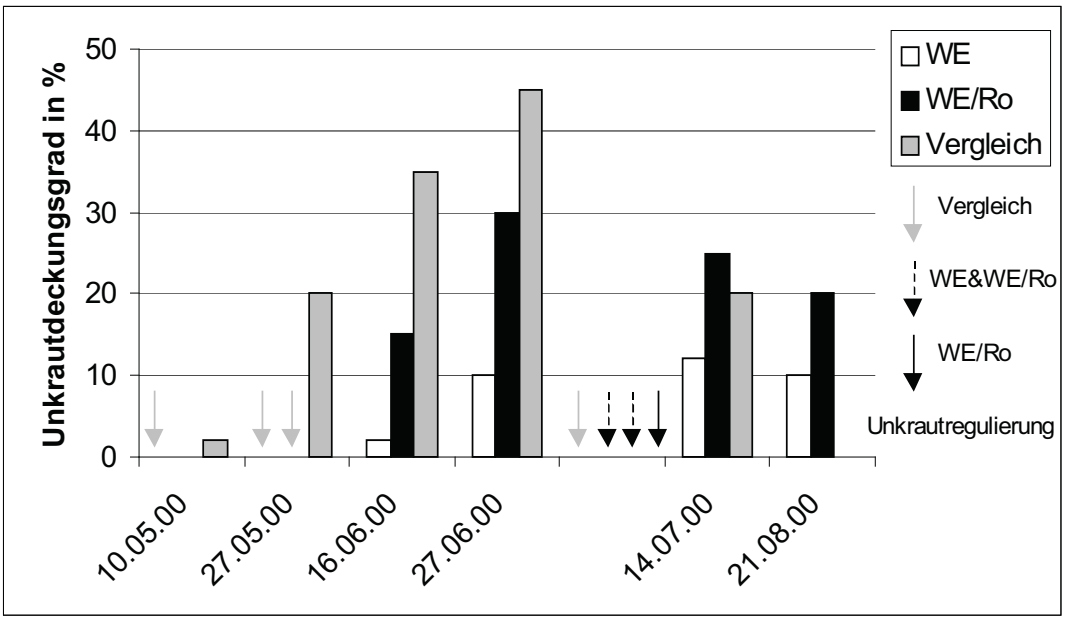


Abb. 24: Unkrautbedeckungsgrad und Zeitpunkte der Unkrautregulierung bei Silomais nach Wintererbsen(WE)- und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro), Frankenhausen, 2000.

In Abb. 24 sind die Unkrautbedeckungsgrade bei Mais dargestellt. Dieser war nach WE-Vorfrucht an allen Boniturterminen niedriger als nach Gemengevorfrucht und bei der Vergleichsvariante. Dort war der Unkrautbesatz bis zur Bonitur am 27.06.2000 am höchsten, danach wurde noch einmal mit der Hand gehackt und der Mais begann die Reihen zu schließen, so dass am 14.07. der Unkrautbesatz niedriger lag als bei den Varianten mit Gemengevorfrucht. Bei der Vergleichsvariante wurde insgesamt vier mal eine Unkrautregulierung durchgeführt. Bei den Hauptvarianten wurde am 27.06. (nach der Gülledüngung), also vier Wochen nach der Saat das erste mal und am 10.07. das zweite mal maschinell zwischen den Reihen gehackt. Die Varianten mit WE/Ro- Vorfrucht wurden zusätzlich am 11.07. mit der Hand in der Reihe gehackt. Mit einsetzendem Reihenschließen bei den Hauptvarianten ab Mitte August ging der Unkrautbesatz zurück und stagnierte wie im Vorjahr bei 10 % nach WE-Vorfrucht und bei 20 % nach WE/Ro-Vorfrucht.

5.5.3 Schlag Meierbreite, Standort Hebenshausen 2000/2001

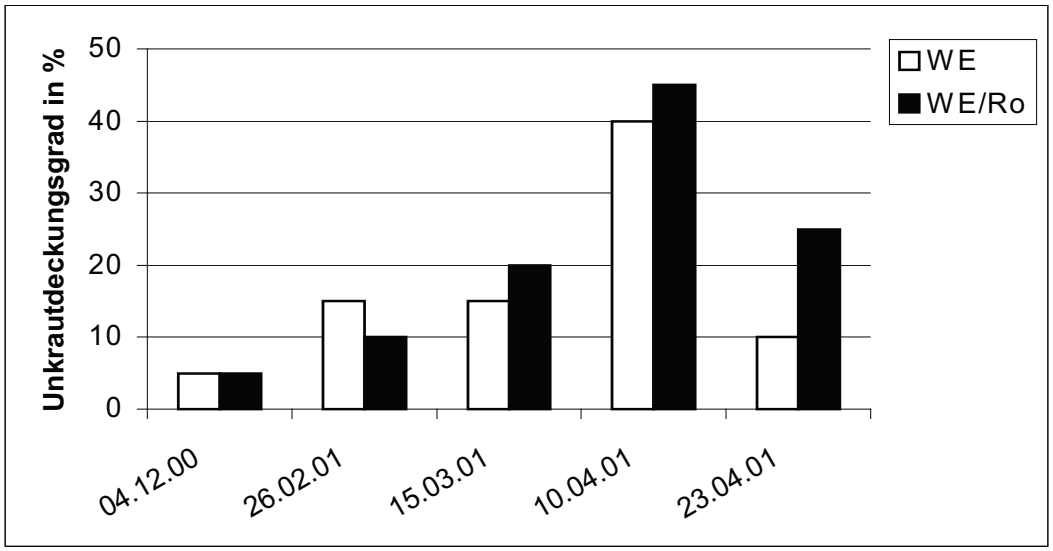


Abb. 25: Unkrautbedeckungsgrade bei den Erstkulturen Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro), Hebenshausen, 2000/2001.

Wie Abb. 25 zu entnehmen ist, war im Februar 2001 die Unkrautbedeckung bei den Wintererbsen höher als bei dem Gemenge. Bis zum Boniturtermin am 10.04. stieg der Unkrautbesatz an, wobei hier der für den Standort typische starke Besatz mit Taubnesseln zum Tragen kam. Danach ging der Unkrautbesatz zurück, die beiden Erstkulturen entwickelten sich zunehmend kräftig und überwuchsen das Unkraut. Ende April war bei den Erbsen ein Unkrautbedeckungsgrad von 10 % zu verzeichnen gewesen, bei dem Gemenge lag er bei 25 %.

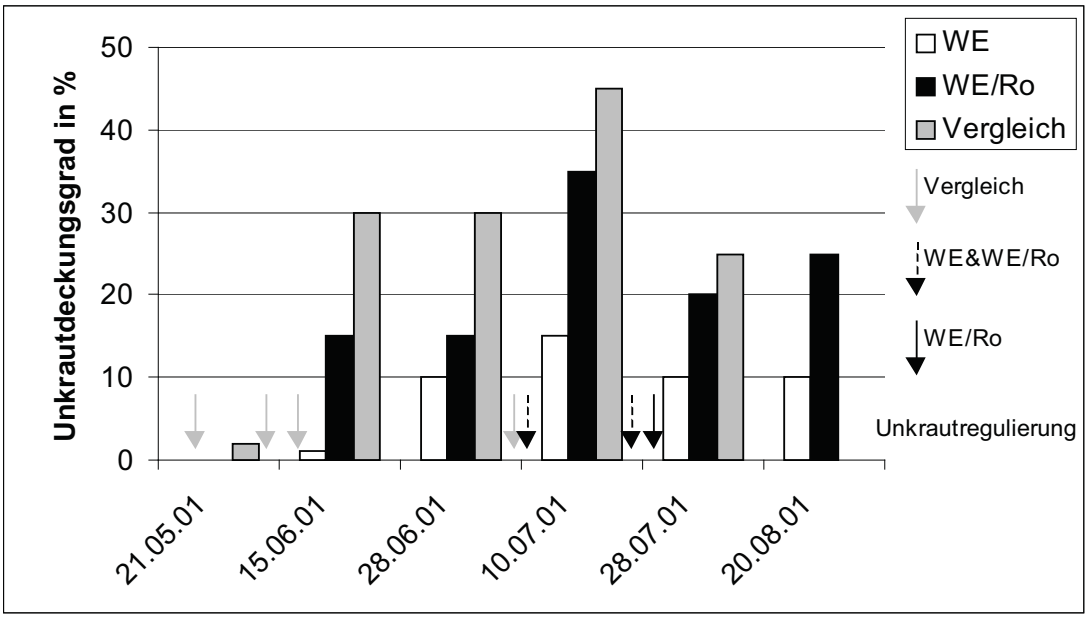


Abb. 26: Unkrautbedeckungsgrad und Zeitpunkte der Unkrautregulierung bei Silomais nach Wintererbsen(WE)- und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro), Hebenshausen, 2001.

Der Unkrautbedeckungsgrad war nach WE-Vorfrucht an allen Boniturterminen am niedrigsten (s. Abb. 26). Bei der Vergleichsvariante war er immer höher als bei den anderen Varianten, obwohl dort insgesamt viermal Unkrautregulierungsmaßnahmen durchgeführt wurden. Bei den Hauptvarianten wurde am 28.06. mit der Gülledüngung das erste mal maschinell zwischen den Reihen gehackt. Danach stieg der Unkrautbedeckungsgrad an, besonders in den Varianten mit WE/Ro-Vorfrucht war ein starker Anstieg zu verzeichnen gewesen. Mit der zweiten Hacke zwischen den Reihen am 12.07. und der Handhacke in den Varianten mit WE/Ro-Vorfrucht am 15.07. wurde der Unkrautbesatz verringert. Zum Reihenschließen ab Mitte August lag bei den Varianten mit WE-Vorfrucht der Unkrautbesatz nur halb so hoch wie bei den Varianten mit Gemengevorfrucht.

5.5.4 Schlag Kleines Feld, Standort Frankenhausen 2001/2002

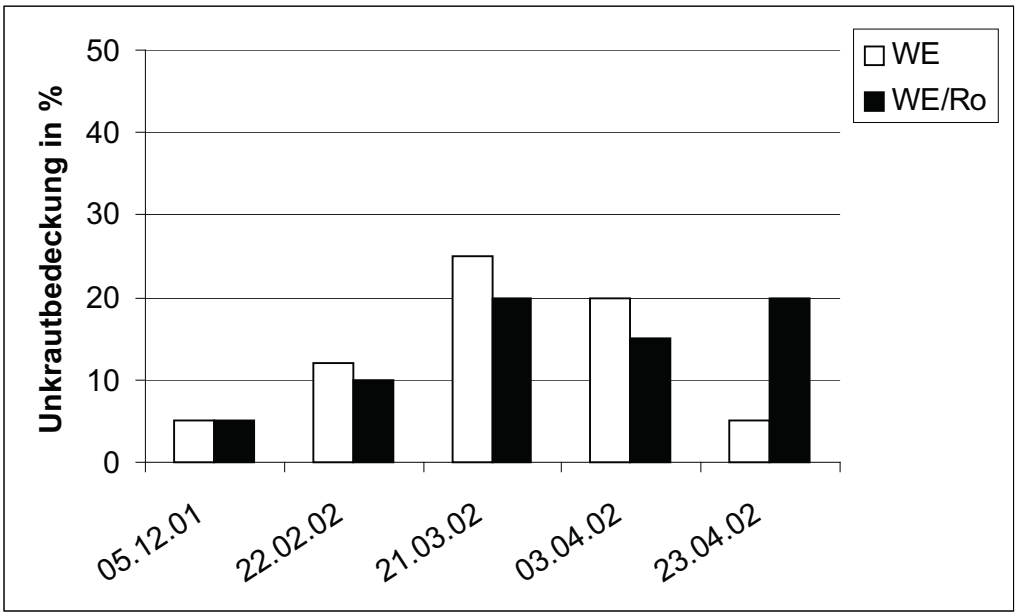


Abb. 27: Unkrautbedeckungsgrade bei den Erstkulturen Wintererbsen (WE) und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro), Frankenhausen, 2001/2002.

In Abb. 27 ist zu sehen, dass bis einschließlich zum Boniturtermin am 03.04. der Unkrautbesatz bei den Wintererbsen leicht höher lag als beim Gemenge. Danach sank der Unkrautbedeckungsgrad mit dem einsetzenden Wachstum der Erbsen bis Ende April auf 5 %, während er beim Roggen nach leichtem Rückgang zum 03.04. wieder auf 20 % anstieg.

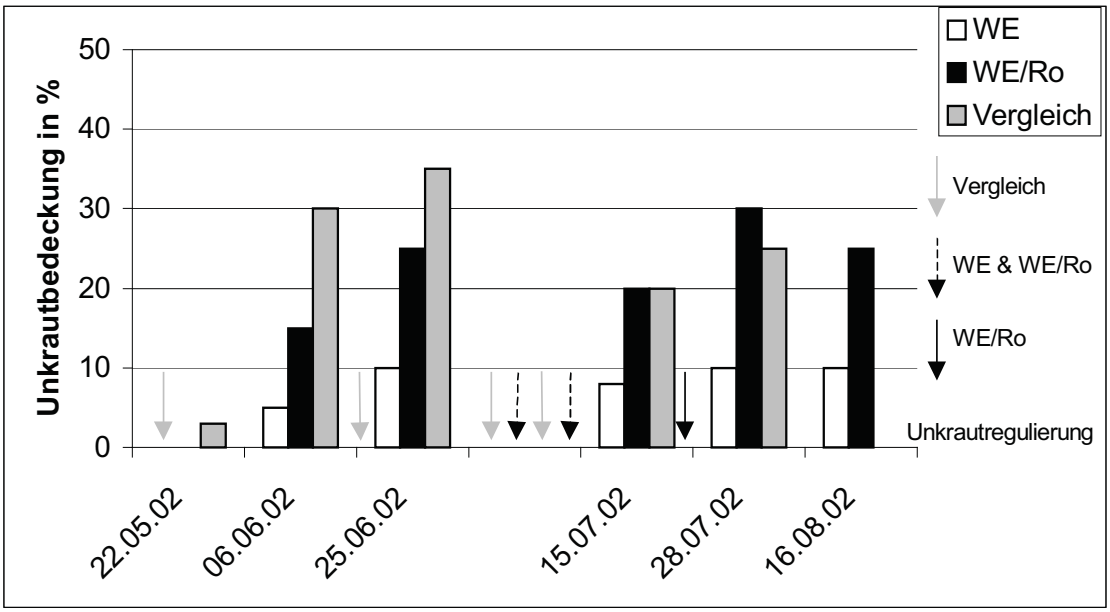


Abb. 28: Unkrautbedeckungsgrad und Zeitpunkte der Unkrautregulierung bei Silomais nach Wintererbsen(WE)- und Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro), Frankenhausen, 2002.

Der Unkrautbedeckungsgrad war nach WE-Vorfrucht an allen Boniturterminen am niedrigsten und stieg nicht über 10 % an (Abb. 28). Bei der Vergleichsvariante war er bis zum 25.06. höher als bei den anderen Varianten, danach wurde diese noch einmal maschinell zwischen den Reihen gehackt und einmal mit der Hand in der Reihe. Die Hauptvarianten wurden am 28.06. mit der Gülledüngung das erste mal maschinell zwischen den Reihen gehackt und am 10.07. das zweite mal. Danach lag der Unkrautbedeckungsgrad bei der Vergleichsvariante und bei der WE/Ro-Vorfruchtvariante auf gleichem Niveau. Bis Ende Juli stieg der Unkrautbedeckungsgrad bei der WE/Ro-Variante stärker an, obwohl dort am 15.07. mit der Hand in der Reihe gehackt wurde. Mitte August liegt der Unkrautbedeckungsgrad bei den WE/Ro-Varianten mehr als doppelt so hoch wie bei den Varianten mit WE-Vorfrucht.

5.6 Stickstoffdynamik

5.6.1 Schlag Schmalenbeck, Standort Frankenhausen 1998/1999

5.6.1.2 N_{min}-Dynamik im Boden

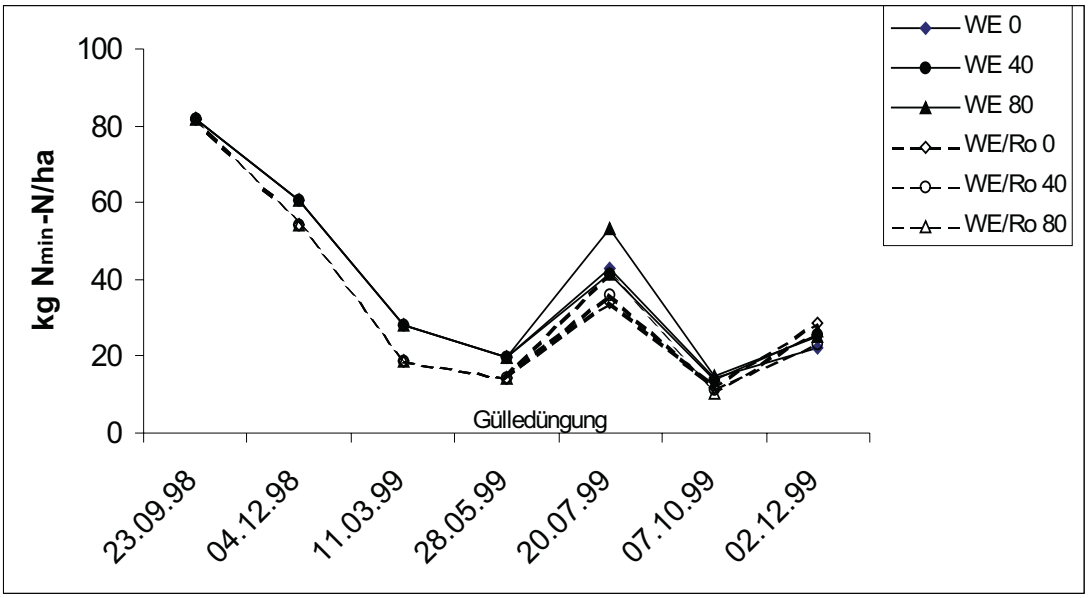


Abb. 29: N_{min}-Gehalte in 0-90 cm Bodentiefe bei den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) in Reinsaat und im Gemenge mit Roggen (WE/Ro) und bei der Folgefrucht Mais mit unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg N/ha), Frankenhausen 1998/1999.

Wie in Abb. 29 zu sehen ist, lagen die N_{min}-Gehalte zu Versuchsbeginn im September 1998 bei 82 kg/ha und sanken bis Anfang Dezember bei den Wintererbsen auf 60,4 kg/ha und auf 54,4 kg/ha bei dem Gemenge. Im Frühjahr waren unter Wintererbsen 28 kg N_{min}-N/ha gemessen worden und unter dem Gemenge 18,7 kg/ha. Zum Zeitpunkt der Ernte der Erstkulturen am 28.05.99 lagen die Werte bei 19,5 kg/ha nach Wintererbsen und bei 14 kg nach dem Gemenge.

Vier Wochen nach der Gülledüngung waren am 20.07.99 unter Silomais bei den einzelnen Varianten unterschiedliche N_{min}-Gehalte festzustellen. Der höchste N_{min}-Gehalt wurde mit 53,1 kg/ha nach Wintererbsenvorfrucht und 80 kg N-Düngung festgestellt, gefolgt von der Variante ohne N-Düngung mit 43 kg/ha und der Variante mit 40 kg N-Düngung, die mit 41 kg/ha gleichauf mit der WE/Ro 80-Variante lag. Bei den beiden anderen Varianten mit Gemengevorfrucht lagen die N_{min}-Gehalte auf einem niedrigeren Niveau als bei der Erbsenvorfrucht. Nach der Maisernte am 07.10. lagen die N_{min}-Gehalte bei allen Varianten mit 10-15 kg/ha auf einem sehr niedrigen Niveau. Bis zur Probenahme am 02.12.99 waren die N_{min}-Werte im Boden auf 22-28 kg/ha angestiegen.

5.6.1.3 Stickstoffdynamik bei Mais

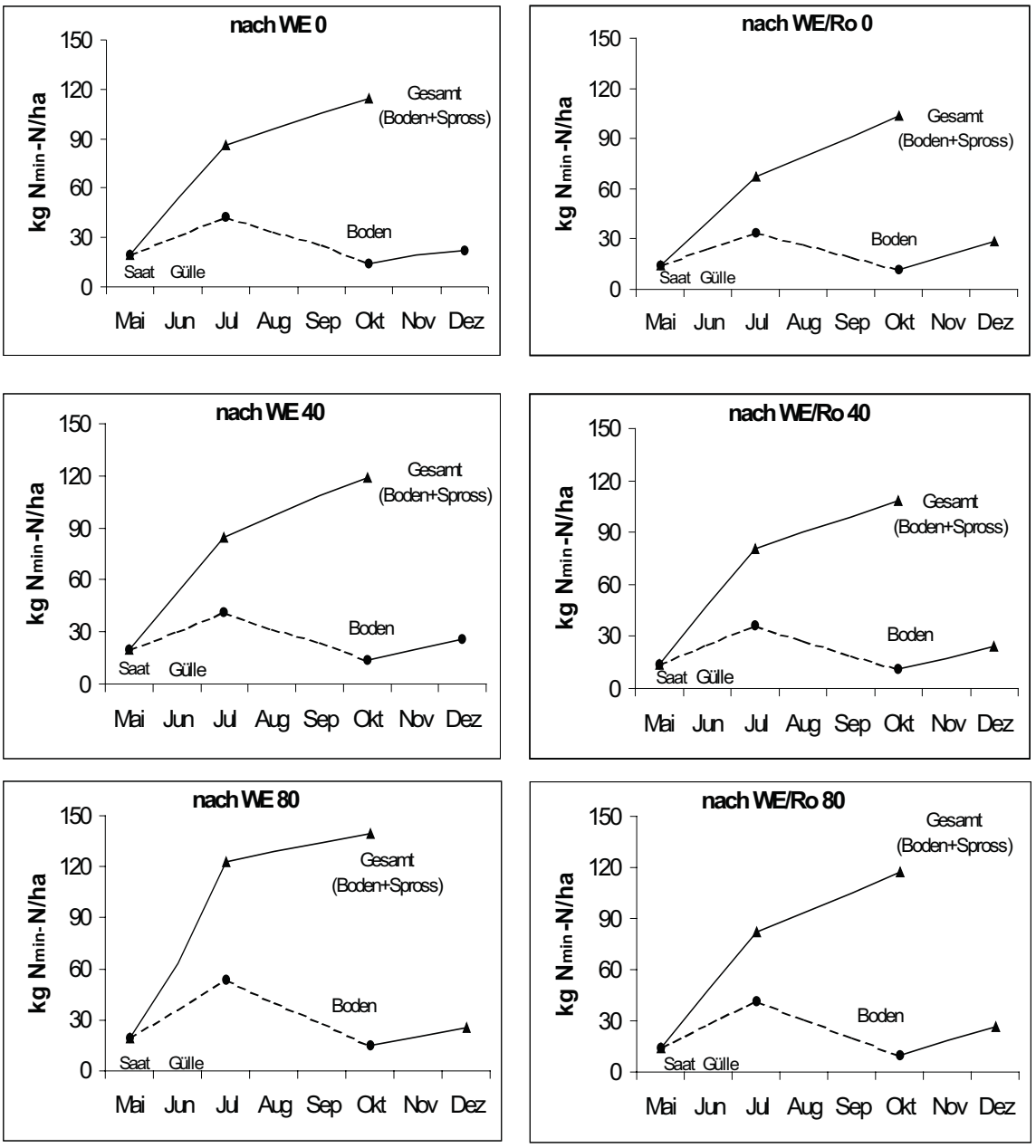


Abb. 30: Gesamtmenge an pflanzenverfügbarem N (Boden + Spross) und N_{min}-Gehalte in 0-90 cm Bodentiefe bei Silomais nach Wintererbsen (WE)- und Wintererbsen-Roggenvorfrucht (WE/Ro) mit unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg/ha) über Gülle, Frankenhausen 1999.

In Abb. 30 sind die Gesamtmengen an pflanzenverfügbarem Stickstoff und die Boden-N_{min}-Gehalte der einzelnen Varianten aufgeführt.

Die Differenz aus Gesamtstickstoffmenge und dem N_{min}-Wert im Boden ergibt die von den Pflanzen aufgenommene N-Menge. Diese sind auch in Tab. 25 aufgeführt.

Bei allen Varianten lag der N_{min}-Gehalt im Boden zur Maissaat auf einem sehr niedrigen Niveau. Danach erfolgte ein Anstieg der N_{min}-Werte im Boden sowie der Gesamtstickstoffmenge (Boden und Spross). Im Juli, acht Wochen nach der Saat, betrug bei der WE 80 Variante der Gesamtstickstoffmenge 123 kg/ha, wovon mit 53 kg/ha weniger als die Hälfte im Boden vorlag, der Rest war von den Pflanzen aufgenommen. Zu diesem Zeitpunkt befand sich der Mais bei allen Varianten zwischen den Entwicklungsstadien 26 und 31 (Tab. 21), also dem Stadium, ab dem er einen hohen N-Bedarf hat. Bis zur Ernte im Oktober stieg bei dieser Variante die Gesamtmenge an pflanzenverfügbarem Stickstoff auf 139,7 kg /ha an, wobei die Pflanzen zu diesem Zeitpunkt 125 kg N/ha aufgenommen hatten. Im Boden waren noch 14,7 kg N_{min}-N/ha vorhanden. Bei der WE/Ro 80 Variante verlief die N-Dynamik ähnlich, allerdings auf einem niedrigeren Niveau. Im Juli betrug die Gesamtmenge an pflanzenverfügbarem Stickstoff 93,6 kg/ha und lag damit um 30 kg niedriger als bei der WE 80-Variante. Bis zur Ernte im Oktober stieg die Gesamtmenge an pflanzenverfügbarem N auf 117,1 kg/ha an. Im Erntegut waren 107 kg N/ha enthalten und im Boden 10,1 kg N_{min}-N/ha.

Bei den anderen Hauptvarianten mit niedrigeren Düngungsstufen (0 bzw. 40 kg N/ha über Gülle) lagen die Gehalte an pflanzenverfügbarem Stickstoff auf niedrigerem Niveau. Dabei waren bei den Maisvarianten mit Gemengevorfrucht generell geringere Werte zu verzeichnen als bei denen mit WE-Vorfrucht.

Nach der Maisernte stieg bei allen Varianten bis zum Dezember der N_{min}-Gehalt im Boden an, und bewegte sich zwischen 20 und 26 kg N/ha.

In Tab. 26 sind die Stickstoffgehalte in den Pflanzen zu verschiedenen Zeitpunkten aufgeführt.

Tab. 26: Pflanzen-N-Gehalte (kg/ha) in den Vorfrüchten Wintererbsen (WE), Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) als Vor- und in der Folgefrucht Mais bei unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg/ha) zu verschiedenen Zeitpunkten, Frankenhausen 1999.

Variante/Datum	**27.05.99**	**20.07.99**	**07.10.99**
	Erstkulturen	**Silomais**	**Silomais**
WE 0	142,1	43,3	100,5
WE 40	142,1	43,6	105,3
WE 80	142,1	53,6	125,0
WE/Ro 0	103,9	32,9	92,2
WE/Ro 40	103,9	44,3	97,2
WE/Ro 80	103,9	40,5	107,0

5.6.2 Schlag Holzbeck, Standort Frankenhausen 1999/2000

5.6.2.1 Nmin-Dynamik im Boden

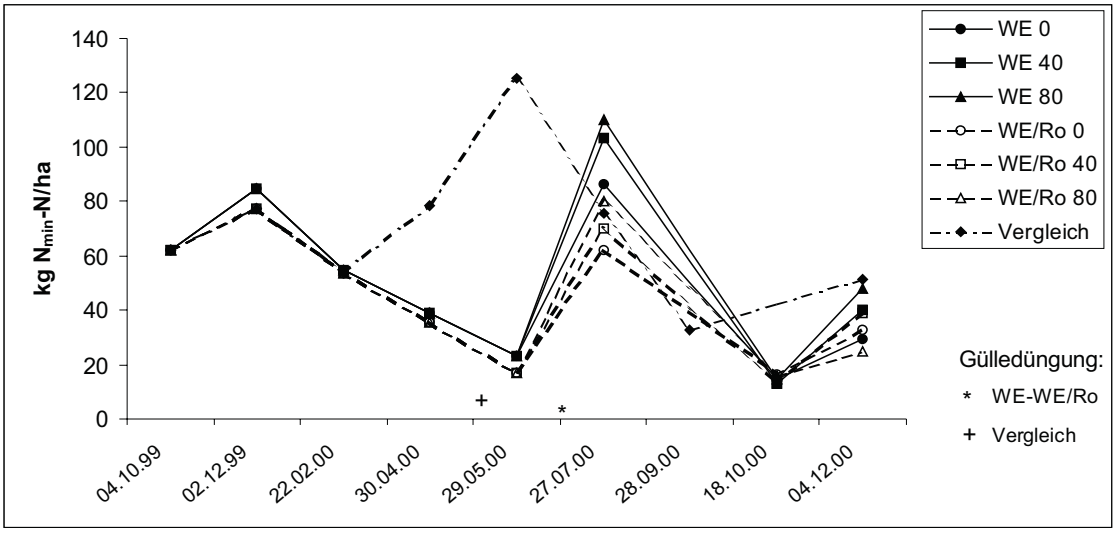


Abb. 31: N_{min}-Gehalte in 0-90 cm Bodentiefe bei den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) in Reinsaat und im Gemenge mit Roggen (WE/Ro), bei der Folgefrucht Mais mit unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg N/ha) und bei der Vergleichsvariante, Frankenhausen 1999/2000.

Die N_{min}-Gehalte lagen zu Versuchsbeginn Anfang Oktober 1999 bei 62 kg/ha, wie Abb. 31 zu entnehmen ist. Bis Anfang Dezember sind die N_{min}-Gehalte auf 84 kg/ha bei Wintererbsen

und auf 77 kg bei dem Gemenge angestiegen. Zum Zeitpunkt der Ernte der Erstkulturen am 29.05.00 lagen die Werte bei 23 kg/ha nach Wintererbsen und bei 17 kg nach dem Gemenge.

Bei der Vergleichsvariante wurde die Zwischenfrucht (WE/Ro-Gemenge) am 18.04. umgebrochen, zur Maissaat am 30.04. lag der N_{min}-Gehalt im Boden bei 78,5 kg/ha und stieg bis Ende Mai auf über 120 kg/ha an. Dazwischen lag die Gülledüngung am 23.05., mit der 80 kg Gesamt-N/ha gedüngt wurden.

Vier Wochen nach der Gülledüngung bei den Hauptvarianten waren am 27.07.00 unter Silomais bei den einzelnen Varianten unterschiedliche N_{min}-Gehalte festzustellen. Der höchste N_{min}-Gehalt wurde mit 109 kg/ha nach Wintererbsenvorfrucht und 80 kg N-Düngung festgestellt, gefolgt von der 40 kg N/ha Variante mit 103 kg/ha. Bei der Variante ohne N-Düngung lag der N_{min}-Gehalt bei 86 kg/ha.

Bei den Varianten mit Gemengevorfrucht lagen die N_{min}-Gehalte generell auf einem niedrigeren Niveau als bei der Erbsenvorfrucht. Der niedrigste N_{min}-Wert war bei der Variante ohne N-Düngung mit 62 kg/ha zu verzeichnen gewesen. Bei der Vergleichsvariante wurde zu diesem Zeitpunkt ein N_{min}-Gehalt von 75 kg/ha gemessen.

Nach der Maisernte der Vergleichsvariante am 28.09. lag der N_{min}-Gehalt bei 32,7 kg/ha im Boden und nach der Maisernte der Hauptvarianten am 18.10. lagen die N_{min}-Gehalte bei diesen Varianten mit 12-16 kg/ha auf einem sehr niedrigen Niveau.

Bei der Probenahme am 04.12.00 wurde der höchste N_{min}-Wert mit 51 kg/ha bei der Vergleichsvariante gemessen. Die Variante mit der Wintererbsenvorfrucht und einer N-Düngung von 80 kg/ha lag mit 47 kg/ha knapp unter diesem Wert. Den niedrigsten Wert mit 24 kg/ha wies die Variante mit der Gemengevorfrucht und 80 kg N-Düngung je ha auf.

5.6.2.2 Stickstoffdynamik bei Mais

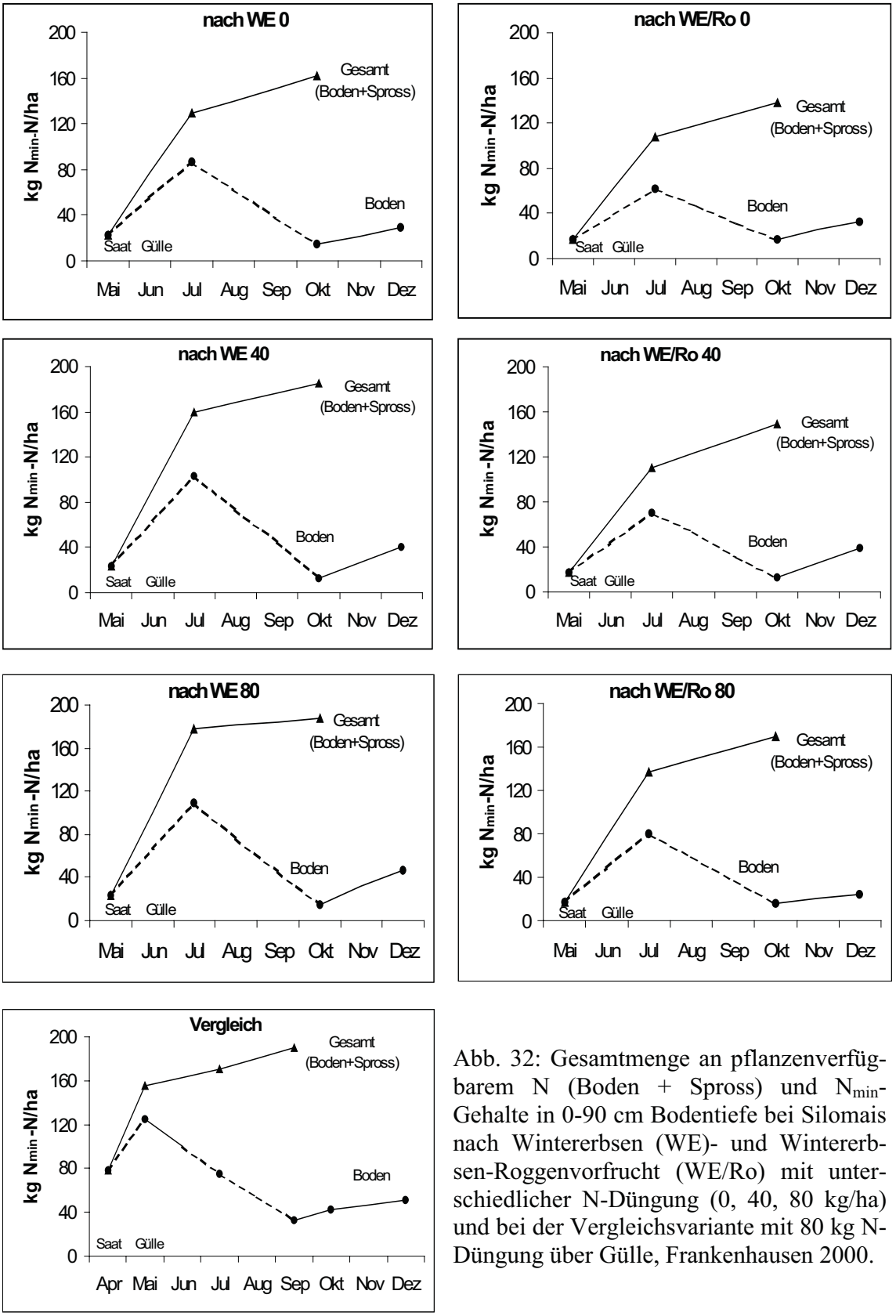


Abb. 32: Gesamtmenge an pflanzenverfügbarem N (Boden + Spross) und N_{min}-Gehalte in 0-90 cm Bodentiefe bei Silomais nach Wintererbsen (WE)- und Wintererbsen-Roggenvorfrucht (WE/Ro) mit unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg/ha) und bei der Vergleichsvariante mit 80 kg N-Düngung über Gülle, Frankenhausen 2000.

In Abb. 32 sind die Gesamtmengen an pflanzenverfügbarem Stickstoff und die Boden N_{min}-Gehalte aufgeführt. Die Differenz aus Gesamtstickstoffmenge und Boden N_{min}-Gehalt ergibt die von den Pflanzen aufgenommene N-Menge. Diese Werte sind auch in Tabelle 26 aufgeführt.

Bei allen Hauptvarianten lag der N_{min}-Gehalt im Boden zur Maissaat auf einem sehr niedrigen Niveau. Danach erfolgte ein starker Anstieg der N_{min}-Werte sowie der Gesamtstickstoffmenge (Boden und Spross). Im Juli, acht Wochen nach der Saat, betrug bei der WE 80 Variante der Gesamtstickstoffmenge 178 kg/ha, wovon mit 109 kg/ha mehr als die Hälfte im Boden vorlag. Ende Juli ging der Mais bei allen Hauptvarianten in das Entwicklungsstadium EC 26 über (Tab. 22), also in die Entwicklungsphase, ab der er den größten N-Bedarf hat. Bis zur Ernte im Oktober stieg bei der WE 80-Variante die Gesamtmenge an pflanzenverfügbarem Stickstoff um 10 kg auf 188 kg /ha an, wobei die Pflanzen zu diesem Zeitpunkt 172,7 kg N/ha aufgenommen hatten. Im Boden waren noch 14,8 kg N_{min}-N/ha festzustellen. Bei der WE/Ro 80 Variante verlief die N-Dynamik ähnlich, allerdings auf einem niedrigeren Niveau. Im Juli betrug die Gesamtmenge an pflanzenverfügbarem Stickstoff 137 kg/ha und lag damit um 41 kg niedriger als bei der WE 80 Variante. Bis zur Ernte im Oktober stieg der Gesamtstickstoffmenge auf 170,2 kg/ha an. Im Erntegut waren 154,2 kg N/ha enthalten und im Boden 16 kg N_{min}-N/ha.

Bei den anderen Hauptvarianten mit niedrigeren Düngungsstufen (0 bzw. 40 kg N/ha über Gülle) lagen die Gehalte an pflanzenverfügbarem Stickstoff auf niedrigerem Niveau. Dabei waren bei den Maisvarianten mit Gemengevorfrucht generell geringere Werte zu verzeichnen als bei denen mit WE-Vorfrucht.

Bei der Vergleichsvariante betrug zur Saat Ende April der N_{min}-Gehalt im Boden 78,5 kg/ha. Im Mai stieg er bis auf 125,1 kg/ha an, in den Pflanzen waren zu diesem Zeitpunkt 30 kg N/ha enthalten, so dass der Gesamtstickstoffmenge (Boden und Spross) bei 155,.1 kg/ha lag. Der Mais der Vergleichsvariante ging Anfang Juli in das Entwicklungsstadium EC 26 über, ab dem er den höchsten N-Bedarf hat. Zur Ernte Ende September stieg der Gesamtstickstoffmenge auf 189,1 kg/ha an, die Pflanzen hatten bis zu diesem Zeitpunkt 157,2 kg N/ha aufgenommen, der Rest lag im Boden als pflanzenverfügbarer Stickstoff vor.

Nach der Maisernte stieg bei allen Varianten bis zum Dezember der N_{min}-Gehalt im Boden an, am höchsten lag er mit 51,4 kg/ha bei der Vergleichsvariante, am niedrigsten bei der WE/Ro-80 Variante mit 24,6 kg/ha.

In Tab. 27 sind die Stickstoffgehalte in den Pflanzen zu den verschiedenen Zeitpunkten aufgeführt.

Tab. 27: Pflanzen-N-Gehalte (kg/ha) in den Vorfrüchten Wintererbsen (WE), Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) als Vor- und in der Folgefrucht Mais bei unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg/ha) und bei Silomais in Hauptfruchtstellung zu verschiedenen Zeitpunkten. Frankenhausen 2000.

Variante/Datum	**29.05.00**	**27.07.00**	**18.10.00**
	Erstkulturen	**Silomais**	**Silomais**
WE 0	140,5	42,6	147,0
WE 40	140,5	56,8	147,7
WE 80	140,5	68,4	172,2
WE/Ro 0	100,9	45,8	121,8
WE/Ro 40	100,9	40,6	137,0
WE/Ro 80	100,9	60,0	154,2
Vergleich	25,2 (Silomais)	95,0	**Am 28.09**.: 157,4

5.6.3 Schlag Meierbreite, Standort Hebenshausen, 2000/2001

5.6.3.1 N_{min}-Dynamik im Boden

Auf dem konventionell bewirtschafteten Standort Hebenshausen, Schlag Meierbreite, war die in Abb. 33 dargestellte N_{min}-Dynamik im Boden zu verzeichnen gewesen.

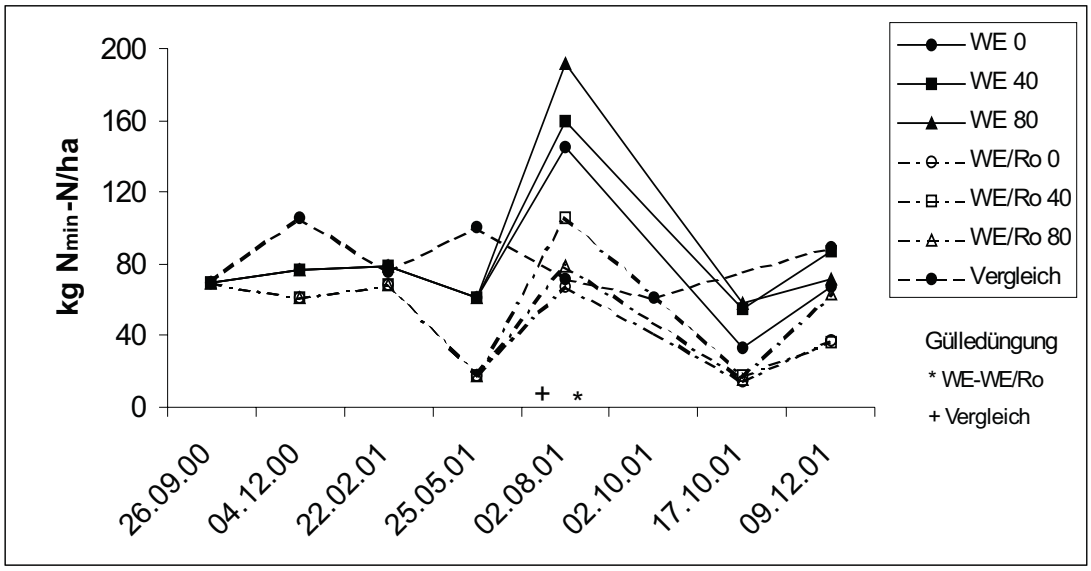


Abb. 33: N_{min}-Gehalte in 0-90 cm Bodentiefe bei den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) in Reinsaat und im Gemenge mit Roggen (WE/Ro), bei der Folgefrucht Mais mit unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg N/ha) und bei der Vergleichsvariante, Hebenshausen 2000/2001.

Der Vollständigkeit halber werden auch die Varianten mit der Gemengevorfrucht (WE/Ro) aufgeführt, auch wenn die Maiserträge und die Pflanzenentwicklung dieser Varianten in dieser Arbeit aufgrund der starken Schädigung durch Vogelfraß nicht weiter berücksichtigt werden. Die N_{min}-Gehalte lagen zu Versuchsbeginn Ende September 2000 bei 69 kg/ha. Bis Anfang Dezember sind die N_{min}-Gehalte auf 77 kg/ha unter Wintererbsen angestiegen und auf 61 kg/ha unter dem Gemenge gesunken. Im Februar betrug unter Wintererbsen der N_{min}-Gehalt 79 kg/ha und unter dem Gemenge 69 kg/ha. Zum Zeitpunkt der Ernte der Erstkulturen am 25.05.01 lagen die Werte bei 60 kg/ha nach Wintererbsen und bei 18 kg nach dem Gemenge.

Bei der Vergleichsvariante wurden die Parzellen nach Herbstpflugfurche bis zur Maissaat brach liegen gelassen. Im Dezember betrug der N_{min}-Wert 106 kg/ha, fiel bis zum Februar auf 75,6 kg/ha ab und lag im Mai, 14 Tage nach der Maissaat, bei 100 kg/ha.

Vier Wochen nach der Gülledüngung waren am 02.08.01 bei den einzelnen Hauptvarianten unter Silomais unterschiedliche N_{min}-Gehalte festzustellen. Generell lagen die N_{min}-Gehalte

bei den Maisvarianten mit WE-Vorfrucht höher als nach WE/Ro-Vorfrucht. Der höchste N_{min}-Gehalt wurde mit 192 kg/ha nach Wintererbsenvorfrucht und 80 kg N-Düngung festgestellt, gefolgt von der 40 kg N-/ha Düngungsvariante mit 159 kg/ha. Bei der Variante ohne N-Düngung lag der N_{min}-Gehalt bei 145 kg/ha.

Der niedrigste N_{min}-Wert war bei der Variante mit WE/Ro-Vorfrucht ohne N-Düngung mit 67,8 kg/ha zu verzeichnen gewesen. Bei der Vergleichsvariante wurde zu diesem Zeitpunkt ein N_{min}-Gehalt von 71,5 kg/ha gemessen.

Nach der Maisernte der Vergleichsvariante am 02.10.01 lag der N_{min}-Gehalt im Boden bei 61,7 kg/ha. Bei den Hauptvarianten war nach der Ernte am 18.10.01 der höchste N_{min}-Gehalt bei der WE 80-Variante mit 57,7 kg/ha gemessen worden, gefolgt von der WE 40-Variante mit 54,9 kg/ha. Ohne N-Düngung wurden nach WE-Vorfrucht 33,1 kg N_{min}-N/ha gemessen. Bei den WE/Ro-Varianten lagen die N_{min}-Gehalte zwischen 15 und 18 kg/ha. Bei der Probenahme am 09.12.01 wurde der höchste N_{min}-Wert mit 89 kg/ha bei der Vergleichsvariante gemessen. Die Variante mit der Wintererbsenvorfrucht und einer N-Düngung von 40 kg/ha lag mit 86,6 kg/ha knapp unter diesem Wert, gefolgt von der WE 80-Variante mit 72 kg/ha. Die N_{min}-Werte der WE/Ro-Varianten lagen auf einem niedrigeren Niveau, wobei der Wert der WE/Ro 80-Variante mit 63 kg/ha deutlich höher als der der anderen Varianten lag.

5.6.3.2 Stickstoffdynamik bei Mais

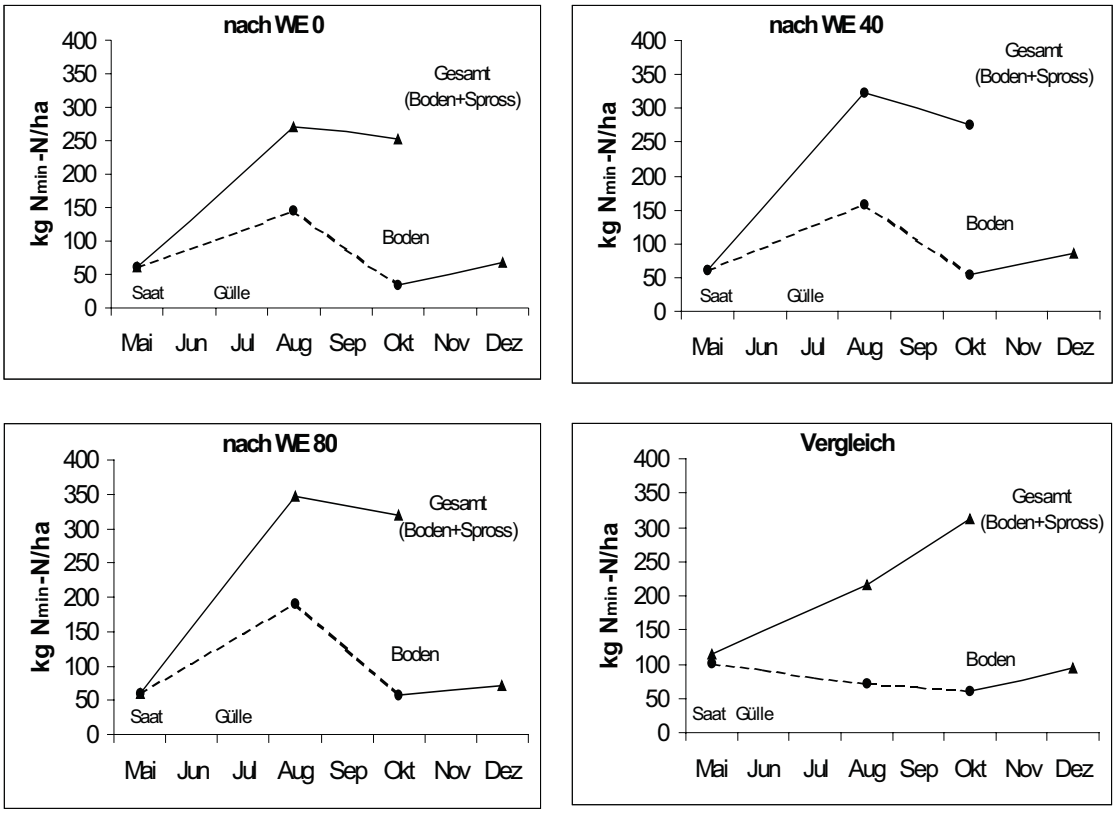


Abb. 34: Gesamtmengen an pflanzenverfügbarem N (Boden + Spross) und N_{min}-Gehalte in 0-90 cm Bodentiefe bei Silomais nach Wintererbsenvorfrucht (WE) mit unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg/ha) und bei der Vergleichsvariante mit 80 kg N-Düngung über Gülle, Hebenshausen 2001.

In Abb. 34 sind die Gesamtmengen an pflanzenverfügbarem Stickstoff und die Boden N_{min}-Gehalte dargestellt. Die Differenz aus Gesamtstickstoffmenge und dem N_{min}-Gehalt im Boden ergibt die von den Pflanzen aufgenommene N-Menge. Diese ist auch noch einmal in Tabelle 27 dargestellt.

Bei den Hauptvarianten mit WE-Vorfrucht lag der N_{min}-Gehalt im Boden zur Maissaat mit 60,1 kg/ha deutlich höher als bei den WE/Ro-Varianten, wo er 18 kg/ha betrug. Danach erfolgte ein starker Anstieg der N_{min}-Werte sowie der Gesamtstickstoffmengen (Boden und Spross). Anfang August, acht Wochen nach der Saat, betrug bei der WE 80-Variante die Gesamtstickstoffmenge 347,8 kg/ha, wovon mit 191 kg/ha mehr als die Hälfte im Boden vorlag, der Rest war von den Pflanzen aufgenommen worden. Die Varianten mit WE-Vorfrucht befanden sich Mitte August im Entwicklungsstadium EC 26, ab dem sie den größten Bedarf an Stickstoff haben. Bis Oktober stieg bei der WE 80-Variante die Gesamtmenge an pflanzenverfügbarem Stickstoff um 28,8 kg auf 319 kg /ha an, wobei die Pflanzen zu diesem Zeit-

punkt 261,4 kg N/ha aufgenommen hatten. Im Boden waren noch 57,7 kg N_{min}-N/ha vorhanden. Nach der Ernte stieg der N_{min}-Gehalt im Boden bis Dezember auf 71,9 kg/ha an. Bei den anderen WE-Varianten verlief die Gesamt-N-Dynamik vergleichbar auf einem niedrigeren Niveau. Allerdings lag im Dezember nach der Maisernte der N_{min}-Wert der WE 40-Variante mit 86,6 kg/ha höher als bei den anderen WE-Varianten.

Bei der Vergleichsvariante betrug zwei Wochen nach der Saat Ende Mai der N_{min}-Gehalt im Boden 100 kg/ha, die Pflanzen hatten 14,5 kg N/ha aufgenommen. Anfang August betrug die Gesamtmenge an pflanzenverfügbarem Stickstoff 215 kg/ha, wovon mit 71,5 kg/ha ein Drittel im Boden vorlag, der Rest in den Pflanzen. Bis zur Ernte Anfang Oktober stieg die Gesamtmenge an pflanzenverfügbarem N auf 311,9 kg/ha an, die Pflanzen hatten bis zu diesem Zeitpunkt 250 kg N/ha aufgenommen, der Rest lag im Boden als pflanzenverfügbarer Stickstoff vor. Bis Dezember stieg bei dieser Variante der N_{min}-N - Gehalt im Boden auf 94 kg/ha an und lag damit am höchsten von allen Varianten.

In Tab. 28 sind die N-Gehalte in den Pflanzen zu den verschiedenen Zeitpunkten aufgeführt.

Tab. 28: Pflanzen-N-Gehalte (kg/ha) in den Vorfrüchten Wintererbsen (WE), Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) als Vor- und in der Folgefrucht Mais bei unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg/ha) und bei Silomais in Hauptfruchtstellung zu verschiedenen Zeitpunkten. Hebenshausen 2001.

Variante/Datum	**25.05.01**	**02.08.01**	**16.10.01**
Kultur	**Erstkulturen**	**Silomais**	**Silomais**
WE 0	195,4	75,7	219,3
WE 40	195,4	142,3	221,2
WE 80	195,4	155,9	261,4
Vergleich	(Silomais)14,5	144,1	**am 02.10.** 250,3

5.6.4 Schlag Kleines Feld, Standort Frankenhausen 2001/2002

5.6.4.1 N_{min}-Dynamik im Boden

Im Versuchszeitraum 2001/2002 wurde auf dem Schlag Kleines Feld die in Abb. 35 dargestellte N_{min}-Dynamik gemessen.

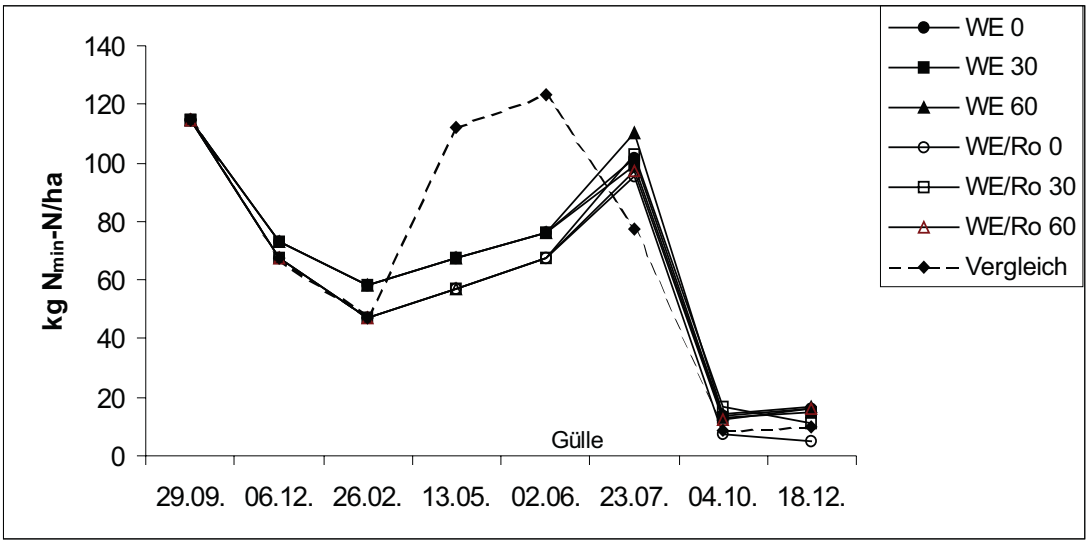


Abb. 35: N_{min}-Gehalte in 0-90 cm Bodentiefe bei den Vorfrüchten Wintererbsen (WE) in Reinsaat und im Gemenge mit Roggen (WE/Ro), bei der Folgefrucht Mais mit unterschiedlicher N-Düngung (0, 30, 60 kg N/ha) und bei der Vergleichsvariante, Frankenhausen 2001/2002.

Die N_{min}-Gehalte lagen zu Versuchsbeginn Ende September 2001 mit 115 kg/ha auf einem sehr hohen Niveau. Bis Anfang Dezember waren die N_{min}-Gehalte auf 72,8 kg/ha unter Wintererbsen und auf 67 kg/ha unter dem Gemenge gesunken. Im Februar betrug unter Wintererbsen der N_{min}-Gehalt 58 kg/ha und unter dem Gemenge 46,3 kg/ha. Nach der Ernte der Erstkulturen am 02.06.02 lagen die Werte bei 76,5 kg/ha nach Wintererbsen und bei 67,5 kg/ha nach dem Gemenge.

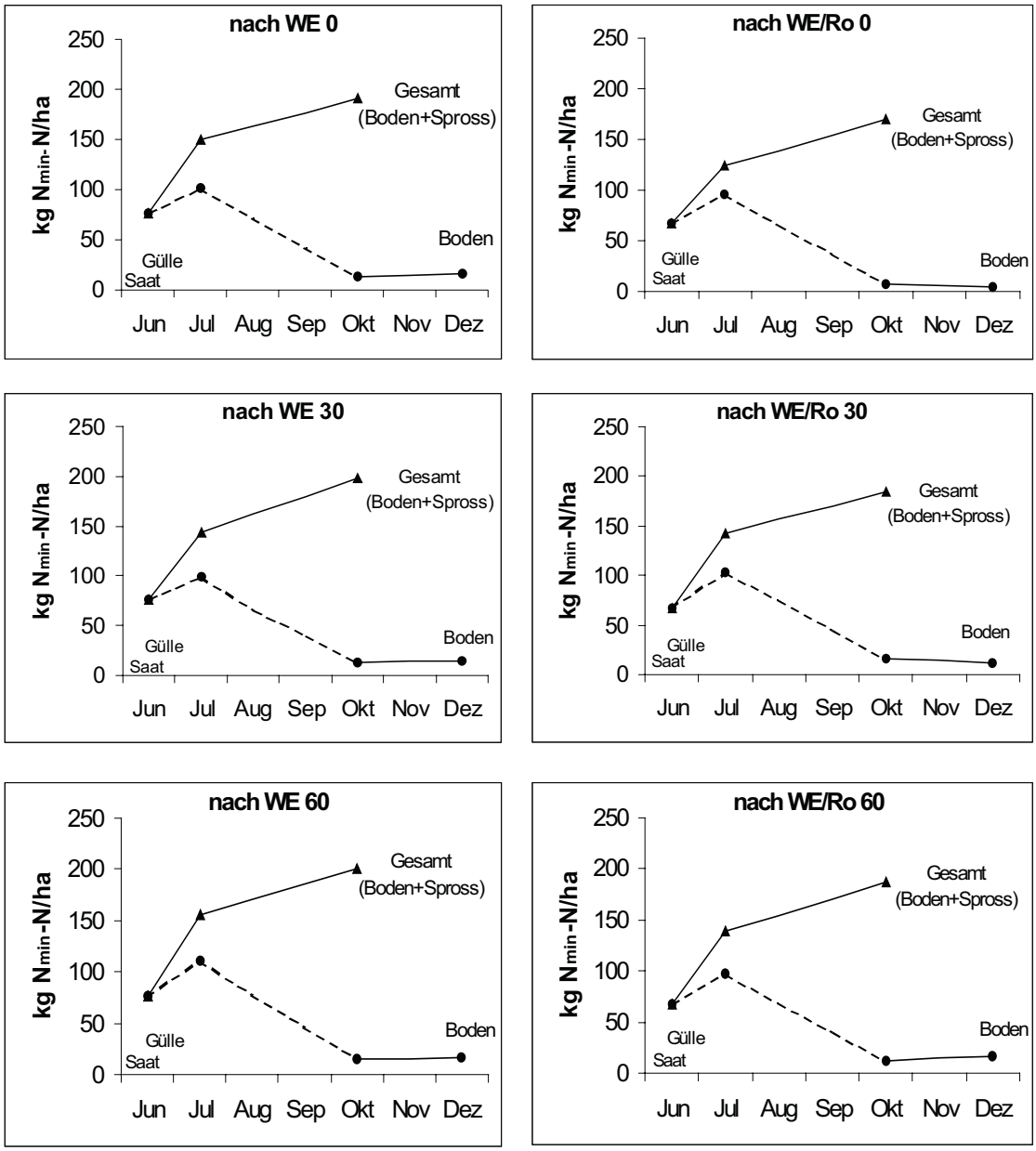
Bei der Vergleichsvariante wurde im April die Winterzwischenfrucht (WE/Ro-Gemenge)im April umgebrochen. Zur Maissaat am 13.05. betrug der N_{min}-Gehalt im Boden 112 kg/ha.

Vier Wochen nach der Gülledüngung am 23.07.02 waren bei den Hauptvarianten unter Silomais bei den einzelnen Varianten leicht unterschiedliche N_{min}-Gehalte festzustellen. Der höchste N_{min}-Gehalt wurde mit 110 kg/ha nach Wintererbsenvorfrucht und 60 kg N-Düngung festgestellt, gefolgt von der WE/Ro 60-Variante mit 102,7 kg N_{min}-N-/ha. Den niedrigsten N_{min}-Wert bei den Hauptvarianten hatte die WE 30-Variante mit 93,7 kg/ha. Bei der Ver-

gleichsvariante lag zu diesem Zeitpunkt der N_{min}-Gehalt mit 77,4 kg/ha auf einem deutlich niedrigeren Niveau.

Nach der Ernte der Vergleichsvariante am 23.09.02 wurde nicht direkt danach der N_{min}-Gehalt im Boden gemessen, sondern erst 10 Tage später gemeinsam mit den anderen Varianten. Am 04.10.02 waren bei allen Varianten sehr geringe N_{min}-Gehalte im Bereich zwischen 7 und 15 kg/ha festzustellen. Bis zum Probenahmetermin am 18.12. stieg der N_{min}-Gehalt im Boden nur geringfügig an. Der niedrigste Wert wurde mit 5 kg N_{min}-N/ha bei der WE/Ro-Variante ohne N-Düngung gemessen, der höchste mit 16,3 kg/ha bei der WE 60-Variante.

5.6.4.2 Stickstoffdynamik bei Mais



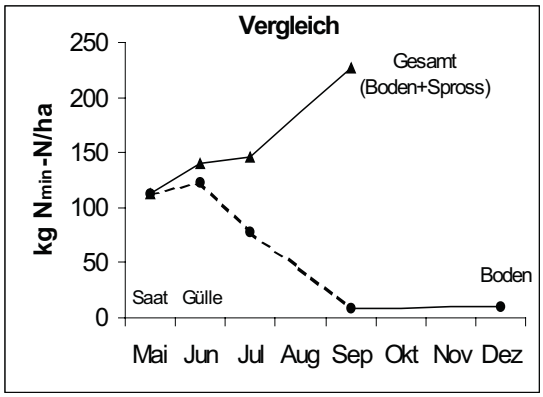


Abb. 36: Gesamtmengen an pflanzenverfügbarem N (Boden + Spross) und N_{min}-Gehalte in 0-90 cm Bodentiefe bei Silomais nach Wintererbsen (WE)- und Wintererbsen-Roggenvorfrucht (WE/Ro) mit unterschiedlicher N-Düngung (0, 30, 60 kg/ha) und bei der Vergleichsvariante mit 60 kg N-Düngung über Gülle, Frankenhausen 2002.

In Abb. 36 sind die Gesamtmengen an pflanzenverfügbarem Stickstoff und die Boden N_{min}-Gehalte der einzelnen Varianten dargestellt. Die Differenz aus der Gesamtmenge an pflanzenverfügbarem N und dem N_{min}-Gehalt im Boden ergibt die von den Pflanzen aufgenommene N-Menge. Diese ist auch in Tabelle 28 dargestellt.

Bei den Hauptvarianten mit WE-Vorfrucht lag der N_{min}-Gehalt im Boden zur Maissaat mit 76,5 kg/ha höher als bei den WE/Ro-Varianten mit 67,5 kg/ha. Danach erfolgte bei allen Varianten ein starker Anstieg der N_{min}-Werte sowie der Gesamtstickstoffmengen (Boden und Spross). Ende Juli, sieben Wochen nach der Saat, betrug bei der WE 60-Variante die Gesamtmenge an pflanzenverfügbarem Stickstoff 156,2 kg/ha, wovon mit 110 kg/ha der größte Teil im Boden vorlag, der Rest war von den Pflanzen aufgenommen worden. Bei den anderen Varianten waren zu diesem Zeitpunkt niedrigere Mengen an pflanzenverfügbarem Stickstoff gemessen worden. Dabei machte sich die Düngung nicht bemerkbar, da z.B. bei der WE-Variante ohne N-Düngung eine höhere Menge an Gesamtstickstoff festgestellt wurde als bei der Variante mit WE-Vorfrucht und 30 kg N-Düngung. Generell lagen die Werte bei den Varianten mit der Gemengevorfrucht auf einem leicht niedrigerem Niveau.

Bei der Vergleichsvariante bewegten sich die Gesamtmengen an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Juli in gleicher Höhe wie bei den anderen Varianten, allerdings hatten die Pflanzen zu diesem Zeitpunkt aufgrund der früheren Aussaat schon mehr Stickstoff aufgenommen. Dementsprechend waren die N_{min}-Gehalte im Boden niedriger.

Bis zur Ernte der Vergleichsvariante Ende September stieg die Menge an pflanzenverfügbarem Stickstoff auf nahezu 227 kg/ha an, wovon nur 9 kg/ha im Boden als N_{min}-N vorlagen, der Rest war von den Pflanzen aufgenommen worden.

Bis zur Ernte der Hauptvarianten Anfang Oktober nahm die Gesamtmenge an pflanzenverfügbarem Stickstoff bei allen Varianten zu. Der höchste Wert wurde mit 201 kg/ha bei der WE 60-Variante festgestellt, wobei im Erntegut 186 kg N/ha aufgenommen worden waren. Bei den Varianten mit WE-Vorfrucht lagen die Mengen an pflanzenverfügbarem Stickstoff generell auf einem höheren Niveau als bei den Varianten mit der Gemengevorfrucht.

Die N_{min}-Gehalte im Boden waren nach der Ernte mit Werten zwischen 7 und 16 kg/ha sehr niedrig und stiegen bis zum Dezember auch nur geringfügig an. Bei der WE/Ro-Variante ohne N-Düngung sank der N_{min}-Gehalt bis zum Dezember um 2,5 kg/ha. In Tab. 29 sind die N-Gehalte in den Pflanzen zu den verschiedenen Zeitpunkten aufgeführt.

Tab. 29: Pflanzen-N-Gehalte (kg/ha) in den Vorfrüchten Wintererbsen (WE), Wintererbsen-Roggengemenge (WE/Ro) als Vor- und in der Folgefrucht Mais bei unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg/ha) und bei Silomais in Hauptfruchtstellung zu verschiedenen Zeitpunkten, Frankenhausen 2002.

Variante/Datum	**31.05.02**	**23.07.02**	**02.10.02**
Kultur	**Erstkulturen**	**Silomais**	**Silomais**
WE 0	148,6	48,3	177,3
WE 30	148,6	44,9	184,8
WE 60	148,6	46,0	186,8
WE/Ro 0	99,5	28,5	162,2
WE/Ro 30	99,5	40,1	168,0
WE/Ro 60	99,5	42,6	174,5
Vergleich	(Silomais)17,0	68,8	**am 23.09.** 218,0

5.7 Betriebswirtschaftliche Berechnungen

Die betriebswirtschaftlichen Berechnungen wurden in jedem Untersuchungsjahr für die Varianten mit einer N-Düngung von 80 kg/ha (bzw. 60 kg/ha im Untersuchungszeitraum 2001/2002) durchgeführt. Diese Varianten ließen sich direkt miteinander vergleichen. Da bei den Varianten mit geringerer N-Düngung dieselben Arbeitsgänge durchgeführt wurden wie bei den entsprechenden Varianten mit der höchsten Düngungsstufe (Kap. 4.3), fielen auch dieselben Kosten an. Aufgrund der geringeren Maiserträge bei diesen Varianten sind dort bei gleichen Kosten geringere Deckungsbeiträge/ha bzw. höhere Kosten je produzierter Einheit die Folge. Bei den Varianten ohne N-Düngung reduzierten sich die Kosten um den Aufwand für die Gülleausbringung, der 31,06 €/ha betrug. Dieser relativ geringe Kostenvorteil ließ nicht einen Ausgleich der deutlichen und statistisch abgesicherten niedrigeren Erträge bei diesen Varianten erwarten.

Zur Beurteilung des Maisanbaus wurden zusätzlich für die Varianten mit 80 kg N-Düngung/ha (bzw. 60 kg/ha im Untersuchungszeitraum 2001/2002) die Deckungsbeiträge nur für den Silomais berechnet, d.h. sowohl Zwischenfruchtanbau als auch Erstkulturen wurden

dabei nicht berücksichtigt. Im Anhang sind in den Tabellen A3-A22 die detaillierten Deckungsbeitragsberechnungen aufgeführt.

5.7.1 Schlag Schmalenbeck, Standort Frankenhausen 1998/1999

Tab. 30: Kennzahlen der vollständigen Deckungsbeitragsrechnung für die Varianten mit 80 kg N-Düngung/ha, Frankenhausen 1998/1999.

Silomais in Frankenhausen	**WE - Mais**	**WE/Ro - Mais**
Bruttoertrag in dt TM/ha	198	183
Summe der Verluste (% vom Bruttoertrag)	10	10
Nettoertrag in dt TM/ha	**178**	**165**
Marktleistung in € /ha	0	0
+ sonstige Leistungen Prämie in **€ /ha**	347	347
= Gesamtleistung (GL) in € /ha	**347**	**347**
- Direktkosten (DK) in € /ha	287	522
= Direktkostenfreie Leistungen (DfL) in € / ha(GL – DK)	**60**	**- 175**
DfL ohne sonstige Leistungen in € /ha	- 287	- 522
Schlaggröße in ha	1	1
- variable Maschinenkosten eigen (vMe) in € /ha	337	337
- variable Maschinenkosten fremd (vMf) in € /ha	0	0
= Deckungsbeitrag in € /ha (DfL - vMe - vMf)	**- 277**	**- 512**
DB ohne sonstige Leistungen	- 624	- 859
Arbeitskraftstunden eigen in AKh /ha	34	34
Arbeitskraftstunden fremd in AKh /ha	0	25
DB /AKh eigen in Euro	**- 8,15**	**- 15,06**
Gesamtenergieertrag in GJ NEL /ha	124,9	112,6
Kosten pro erzeugte Energieeinheit in Cent /MJ NEL	0,43	0,76
Gesamtenergieertrag in MJ NEL /AKh	3.674	1.908

In Tab. 30 sind die Kennzahlen der Deckungsbeitragsberechnung für den Untersuchungszeitraum 1998/1999 aufgeführt. Bei der Variante mit WE-Vorfrucht betrug der Deckungsbeitrag -277 €/ha und bei der Variante mit WE/Ro-Vorfrucht -512 €/ha. Hier machen sich die höheren Kosten aufgrund des Einsatzes der Handhacke bemerkbar. Für das Produktionsverfahren mit WE-Vorfrucht waren 34 Arbeitskraftstunden (AKh) notwendig, für das Verfahren mit WE/Ro-Vorfrucht 59 AKh. Daraus resultiert für die WE-Variante ein Deckungsbeitrag je eigener AKh in Höhe von -8,15 € und für die WE/Ro-Variante von -15,06 €. Für den Vergleich der Produktionsverfahren sind die Kosten je erzeugter Energieeinheit und der Energieertrag je AKh besonders interessant. Bei der Variante mit WE-Vorfrucht kostete die Erzeugung einer Energieeinheit (1 MJ) 0,43 €-Cent während bei der WE/Ro-Variante die Produktion von einem MJ 0,76 €-Cent kostete. Der Energieertrag je AKh betrug bei der WE-Variante 3.674 MJ und bei der WE/Ro-Variante 1.908 MJ.

In Tab. 31 sind die Kennzahlen der Deckungsbeitragsberechnung für die Silomaisvarianten mit 80 kg N-Düngung/ha im Untersuchungszeitraum 1998/1999 dargestellt. Bei der Variante mit WE-Vorfrucht betrug der Deckungsbeitrag -64 €/ha und bei der Variante mit WE/Ro-Vorfrucht -289 €/ha. Hier machen sich die höheren Kosten aufgrund des Einsatzes der Handhacke bemerkbar. Für das Produktionsverfahren mit WE-Vorfrucht waren 20 Arbeitskraftstunden (AKh) notwendig, für das Verfahren mit WE/Ro-Vorfrucht 45 AKh. Daraus resultierte für die WE-Variante ein Deckungsbeitrag je eigener AKh in Höhe von -3,20 € und für die WE/Ro-Variante von –14,45 €. Bei der Variante mit WE-Vorfrucht kostet die Erzeugung einer Energieeinheit (1 MJ) 0,46 €-Cent während bei der WE/Ro-Variante die Produktion von einem MJ 0,85 €-Cent kostete. Der Energieertrag je AKh betrug bei der WE-Variante 4.510 MJ und bei der WE/Ro-Variante 1.660 MJ.

Tab. 31: Kennzahlen der Deckungsbeitragsrechnung für Silomais der Varianten mit 80 kg N-Düngung/ha, Frankenhausen 1998/1999.

Silomais in Frankenhausen	**Mais nach WE**	**Mais nach WE/Ro**
Bruttoertrag in dt TM/ha	139	119
Summe der Verluste (% vom Bruttoertrag)	10	10
Nettoertrag in dt TM/ha	**125**	**107**
Marktleistung in € /ha	0	0
+ sonstige Leistungen Prämie in € /ha	347	347
= Gesamtleistung (GL) in € /ha	**347**	**347**
- Direktkosten (DK) in € /ha	207	432
= Direktkostenfreie Leistungen (DfL) in € / ha(GL – DK)	**140**	**- 85**
DfL ohne sonstige Leistungen in € /ha	- 207	- 432
Schlaggröße in ha	1	1
- variable Maschinenkosten eigen (vMe) in € /ha	204	204
- variable Maschinenkosten fremd (vMf) in € /ha	0	0
= Deckungsbeitrag in € /ha (DfL - vMe - vMf)	**- 64**	**- 289**
DB ohne sonstige Leistungen	- 411	- 636
Arbeitskraftstunden eigen in AKh /ha	20	20
Arbeitskraftstunden fremd in AKh /ha	0	25
DB /AKh eigen in Euro	**- 3,20**	**- 14,45**
Gesamtenergieertrag in GJ NEL /ha	90,2	74,7
Kosten pro erzeugte Energieeinheit in Cent /MJ NEL	0,46	0,85
Gesamtenergieertrag in MJ NEL /AKh	4.510	1.660

5.7.2 Schlag Holzbeck, Standort Frankenhausen 1999/2000

Tab. 32: Kennzahlen der vollständigen Deckungsbeitragsrechnung für die Varianten mit 80 kg N-Düngung/ha, Frankenhausen 1999/2000.

Silomais in Frankenhausen	**Vergleich Mais**	**WE - Mais**	**WE/Ro - Mais**
Bruttoertrag in dt TM/ha	121	189	179
Summe der Verluste (% vom Bruttoertrag)	10	10	10
Nettoertrag in dt TM/ha	**109**	**170**	**161**
Marktleistung in € /ha	0	0	0
+ sonstige Leistungen Prämie in € /ha	347	347	347
= Gesamtleistung (GL) in € /ha	**347**	**347**	**347**
- Direktkosten (DK) in € /ha	492	287	522
= Direktkostenfreie Leistungen (DfL) in € / ha(GL – DK)	**- 145**	**60**	**- 175**
DfL ohne sonstige Leistungen in € /ha	- 492	- 287	- 522
Schlaggröße in ha	1	1	1
- variable Maschinenkosten eigen (vMe) in € /ha	341	337	337
- variable Maschinenkosten fremd (vMf) in € /ha	0	0	0
= Deckungsbeitrag in € /ha (DfL - vMe - vMf)	**- 486**	**- 277**	**- 512**
DB ohne sonstige Leistungen	- 833	- 624	- 859
Arbeitskraftstunden eigen in AKh /ha	31	34	34
Arbeitskraftstunden fremd in AKh /ha	25	0	25
DB /AKh eigen in Euro	**- 15,68**	**- 8,15**	**- 15,06**
Gesamtenergieertrag in GJ NEL /ha	79,5	116,5	110,8
Kosten pro erzeugte Energieeinheit in Cent /MJ NEL	1,05	0,46	0,78
Gesamtenergieertrag in MJ NEL /AKh	1.420	3.426	1.878

In Tab. 32 sind die Kennzahlen der Deckungsbeitragsberechnung für den Untersuchungszeitraum 1999/2000 aufgeführt. Bei der Variante mit WE-Vorfrucht betrug der Deckungsbeitrag -277 €/ha und bei der Variante mit WE/Ro-Vorfrucht -512 €/ha. Bei der Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“ belief sich der Deckungsbeitrag auf -486 €/ha. Bei den beiden letztgenannten Varianten machen sich die höheren Kosten aufgrund des Einsatzes der Handhacke bemerkbar. Für das Produktionsverfahren mit WE-Vorfrucht waren 34 Arbeitskraftstunden (AKh) notwendig, für das Verfahren mit WE/Ro-Vorfrucht 59 AKh und bei der Vergleichsvariante 56 AKh. Daraus resultiert für die WE-Variante ein Deckungsbeitrag je eigener AKh in Höhe von -8,15 €, für die WE/Ro-Variante von -15,06 € und für die Vergleichsvariante –15,68 €. Für den Vergleich der Produktionsverfahren sind die Kosten je erzeugter Energieeinheit und der Energieertrag je AKh besonders interessant. Bei der Variante mit WE-Vorfrucht kostete die Erzeugung einer Energieeinheit (1 MJ) 0,46 €-Cent während bei der WE/Ro-Variante die Produktion von einem MJ 0,78 €-Cent kostete. Bei der Vergleichsvariante beliefen sich diese Kosten auf 1,05 €-Cent je MJ. Der Energieertrag je AKh betrug bei der WE-Variante 3.426 MJ, bei der WE/Ro-Variante 1.828 MJ und bei der Vergleichsvariante 1.420 MJ.

In Tab. 33 sind die Kennzahlen der Deckungsbeitragsberechnung für die Silomaisvarianten mit 80 kg N-Düngung/ha im Untersuchungszeitraum 1999/2000 dargestellt. Bei der Variante mit WE-Vorfrucht betrug der Deckungsbeitrag -64 €/ha und bei der Variante mit WE/Ro-Vorfrucht -289 €/ha. Bei der Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“ lag der Deckungsbeitrag bei –357 €/ha. Bei den beiden letztgenannten Varianten machen sich die höheren Kosten aufgrund des Einsatzes der Handhacke bemerkbar. Für das Produktionsverfahren mit WE-Vorfrucht waren 20 Arbeitskraftstunden (AKh) notwendig, für das Verfahren mit WE/Ro-Vorfrucht 45 AKh und für die Vergleichsvariante 51 AKh.. Daraus resultierte für die WE-Variante ein Deckungsbeitrag je eigener AKh in Höhe von -3,20 €, für die WE/Ro-Variante von –14,45 € und für die Vergleichsvariante von –13,73 €. Bei der Variante mit WE-Vorfrucht kostete die Erzeugung einer Energieeinheit (1 MJ) 0,49 €-Cent während bei der WE/Ro-Variante die Produktion von einem MJ 0,84 €-Cent kostete und bei der Vergleichsvariante 0,89 €-Cent. Der Energieertrag je AKh betrug bei der WE-Variante 4.160 MJ, bei der WE/Ro-Variante 1.684 MJ und bei der Vergleichsvariante 1.559 MJ.

Tab. 33: Kennzahlen der Deckungsbeitragsrechnung für Silomais der Varianten mit 80 kg N-Düngung/ha, Frankenhausen 1999/2000.

Silomais in Frankenhausen	**Mais Vergleich**	**Mais nach WE**	**Mais nach WE/Ro**
Bruttoertrag in dt TM/ha	121	132	118
Summe der Verluste (% vom Bruttoertrag)	10	10	10
Nettoertrag in dt TM/ha	**109**	**119**	**106**
Marktleistung in € /ha	0	0	0
+ sonstige Leistungen Prämie in € /ha	347	347	347
= Gesamtleistung (GL) in € /ha	**347**	**347**	**347**
- Direktkosten (DK) in € /ha	432	207	432
= Direktkostenfreie Leistungen (DfL) in € / ha(GL – DK)	**- 85**	**140**	**- 85**
DfL ohne sonstige Leistungen in € /ha	- 432	- 207	- 432
Schlaggröße in ha	1	1	1
- variable Maschinenkosten eigen (vMe) in € /ha	272	204	204
- variable Maschinenkosten fremd (vMf) in € /ha	0	0	0
= Deckungsbeitrag in € /ha (DfL - vMe - vMf)	**- 357**	**- 64**	**- 289**
DB ohne sonstige Leistungen	- 704	- 411	- 636
Arbeitskraftstunden eigen in AKh /ha	26	20	20
Arbeitskraftstunden fremd in AKh /ha	25	0	25
DB /AKh eigen in Euro	**- 13,73**	**- 3,20**	**- 14,45**
Gesamtenergieertrag in GJ NEL /ha	79,5	83,2	75,8
Kosten pro erzeugte Energieeinheit in Cent /MJ NEL	0,89	0,49	0,84
Gesamtenergieertrag in MJ NEL /AKh	1.559	4.160	1.684

5.7.3 Schlag Meierbreite, Standort Hebenshausen 2000/2001

Tab. 34: Kennzahlen der vollständigen Deckungsbeitragsrechnung für die Varianten mit 80 kg N-Düngung/ha, Hebenshausen 2000/2001.

Silomais in Frankenhausen	**Vergleich Mais**	**WE - Mais**
Bruttoertrag in dt TM/ha	146	205
Summe der Verluste (% vom Bruttoertrag)	10	10
Nettoertrag in dt TM/ha	**132**	**185**
Marktleistung in € /ha	0	0
+ sonstige Leistungen Prämie in € /ha	347	347
= Gesamtleistung (GL) in € /ha	**347**	**347**
- Direktkosten (DK) in € /ha	207	287
= Direktkostenfreie Leistungen (DfL) in € / ha(GL – DK)	**140**	**60**
DfL ohne sonstige Leistungen in € /ha	- 207	- 287
Schlaggröße in ha	1	1
- variable Maschinenkosten eigen (vMe) in € /ha	312	346
- variable Maschinenkosten fremd (vMf) in € /ha	0	0
= Deckungsbeitrag in € /ha (DfL - vMe - vMf)	**- 172**	**- 286**
DB ohne sonstige Leistungen	- 519	- 633
Arbeitskraftstunden eigen in AKh /ha	28	35
Arbeitskraftstunden fremd in AKh /ha	0	0
DB /AKh eigen in Euro	**- 6,14**	**- 8,17**
Gesamtenergieertrag in GJ NEL /ha	96,8	132,8
Kosten pro erzeugte Energieeinheit in Cent /MJ NEL	0,54	0,48
Gesamtenergieertrag in MJ NEL /AKh	3.457	3.794

In Tab. 34 sind die Kennzahlen der Deckungsbeitragsberechnung für den Untersuchungszeitraum 2000/2001 aufgeführt. Bei der Variante mit WE-Vorfrucht betrug der Deckungsbeitrag -286 €/ha und bei der Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“ -172 €/ha. Für das Produktionsverfahren mit WE-Vorfrucht waren 35 Arbeitskraftstunden (AKh) notwendig und bei der Vergleichsvariante 28 AKh. Daraus resultiert für die WE-Variante ein Deckungsbeitrag je eigener AKh in Höhe von -8,17 € und für die Vergleichsvariante –6,14 €. Für den Vergleich der Produktionsverfahren sind die Kosten je erzeugter Energieeinheit und der Energieertrag je AKh besonders interessant. Bei der Variante mit WE-Vorfrucht kostete die Erzeugung einer Energieeinheit (1 MJ) 0,48 €-Cent während bei der Vergleichsvariante ein MJ 0,54 €-Cent kostete. Der Energieertrag je AKh betrug bei der WE-Variante 3.794 MJ und bei der Vergleichsvariante 3.457 MJ.

In Tab. 35 sind die Kennzahlen der Deckungsbeitragsberechnung für die Silomaisvarianten mit 80 kg N-Düngung/ha im Untersuchungszeitraum 1999/2000 dargestellt. Bei der Variante mit WE-Vorfrucht betrug der Deckungsbeitrag -64 €/ha und bei der Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“ lag der Deckungsbeitrag bei –172 €/ha. Für das Produktionsverfahren mit WE-Vorfrucht waren 20 Arbeitskraftstunden (AKh) notwendig und für die Vergleichsvariante 28 AKh.. Daraus resultierte für die WE-Variante ein Deckungsbeitrag je eigener AKh in Höhe von -3,20 € und für die Vergleichsvariante von –6,14 €. Bei der Variante mit WE-Vorfrucht kostete die Erzeugung einer Energieeinheit (1 MJ) 0,42 €-Cent und bei der Vergleichsvariante 0,54 €-Cent. Der Energieertrag je AKh betrug bei der WE-Variante 4.950 MJ und bei der Vergleichsvariante 3.457 MJ.

Tab. 35: Kennzahlen der Deckungsbeitragsrechnung für Silomais der Varianten mit 80 kg N-Düngung/ha, Hebenshausen 2000/2001.

Silomais in Frankenhausen	**Mais Vergleich**	**Mais nach WE**
Bruttoertrag in dt TM/ha	146	148
Summe der Verluste (% vom Bruttoertrag)	10	10
Nettoertrag in dt TM/ha	**131**	**133**
Marktleistung in € /ha	0	0
+ sonstige Leistungen Prämie in € /ha	347	347
= Gesamtleistung (GL) in € /ha	**347**	**347**
- Direktkosten (DK) in € /ha	207	207
= Direktkostenfreie Leistungen (DfL) in € / ha(GL – DK)	**140**	**140**
DfL ohne sonstige Leistungen in € /ha	- 432	- 207
Schlaggröße in ha	1	1
- variable Maschinenkosten eigen (vMe) in € /ha	312	204
- variable Maschinenkosten fremd (vMf) in € /ha	0	0
= Deckungsbeitrag in € /ha (DfL - vMe - vMf)	**- 172**	**- 64**
DB ohne sonstige Leistungen	- 519	- 411
Arbeitskraftstunden eigen in AKh /ha	28	20
Arbeitskraftstunden fremd in AKh /ha	0	0
DB /AKh eigen in Euro	**- 6,14**	**- 3,20**
Gesamtenergieertrag in GJ NEL /ha	96,8	99,0
Kosten pro erzeugte Energieeinheit in Cent /MJ NEL	0,54	0,42
Gesamtenergieertrag in MJ NEL /AKh	3.457	4.950

5.7.4 Schlag Kleines Feld, Standort Frankenhausen 2001/2002

Tab. 36: Kennzahlen der vollständigen Deckungsbeitragsrechnung für die Varianten mit 60 kg N-Düngung/ha, Frankenhausen 2001/2002.

Silomais in Frankenhausen	**Vergleich Mais**	**WE - Mais**	**WE/Ro - Mais**
Bruttoertrag in dt TM/ha	182	210	212
Summe der Verluste (% vom Bruttoertrag)	10	10	10
Nettoertrag in dt TM/ha	**164**	**189**	**191**
Marktleistung in € /ha	0	0	0
+ sonstige Leistungen Prämie in € /ha	347	347	347
= Gesamtleistung (GL) in € /ha	**347**	**347**	**347**
- Direktkosten (DK) in € /ha	492	287	522
= Direktkostenfreie Leistungen (DfL) in € / ha(GL – DK)	**- 145**	**60**	**- 175**
DfL ohne sonstige Leistungen in € /ha	- 492	- 287	- 522
Schlaggröße in ha	1	1	1
- variable Maschinenkosten eigen (vMe) in € /ha	341	337	337
- variable Maschinenkosten fremd (vMf) in € /ha	0	0	0
= Deckungsbeitrag in € /ha (DfL - vMe - vMf)	**- 486**	**- 277**	**- 512**
DB ohne sonstige Leistungen	- 833	- 624	- 859
Arbeitskraftstunden eigen in AKh /ha	31	34	34
Arbeitskraftstunden fremd in AKh /ha	25	0	25
DB /AKh eigen in Euro	**- 15,68**	**- 8,15**	**- 15,06**
Gesamtenergieertrag in GJ NEL /ha	122	129,6	130,0
Kosten pro erzeugte Energieeinheit in Cent /MJ NEL	0,68	0,42	0,66
Gesamtenergieertrag in MJ NEL /AKh	2.179	3.812	2.203

In Tab. 36 sind die Kennzahlen der Deckungsbeitragsberechnung für den Untersuchungszeitraum 2001/2002 aufgeführt. Bei der Variante mit WE-Vorfrucht betrug der Deckungsbeitrag -277 €/ha und bei der Variante mit WE/Ro-Vorfrucht -512 €/ha. Bei der Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“ belief sich der Deckungsbeitrag auf -486 €/ha. Bei den beiden letztgenannten Varianten machen sich die höheren Kosten aufgrund des Einsatzes der Handhacke bemerkbar. Für das Produktionsverfahren mit WE-Vorfrucht waren 34 Arbeitskraftstunden (AKh) notwendig, für das Verfahren mit WE/Ro-Vorfrucht 59 AKh und bei der Vergleichsvariante 56 AKh. Daraus resultiert für die WE-Variante ein Deckungsbeitrag je eigener AKh in Höhe von -8,15 €, für die WE/Ro-Variante von -15,06 € und für die Vergleichsvariante –15,68 €. Für den Vergleich der Produktionsverfahren sind die Kosten je erzeugter Energieeinheit und der Energieertrag je AKh besonders interessant. Bei der Variante mit WE-Vorfrucht kostet die Erzeugung einer Energieeinheit (1 MJ) 0,42 €-Cent während bei der WE/Ro-Variante die Produktion von einem MJ 0,66 €-Cent kostete. Bei der Vergleichsvariante beliefen sich diese Kosten auf 0,68 €-Cent je MJ. Der Energieertrag je AKh betrug bei der WE-Variante 3.812 MJ, bei der WE/Ro-Variante 2.203 MJ und bei der Vergleichsvariante 2.179 MJ.

In Tab. 37 sind die Kennzahlen der Deckungsbeitragsberechnung für die Silomaisvarianten mit 80 kg N-Düngung/ha im Untersuchungszeitraum 2001/2002 dargestellt. Bei der Variante mit WE-Vorfrucht betrug der Deckungsbeitrag -64 €/ha und bei der Variante mit WE/Ro-Vorfrucht -289 €/ha. Bei der Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“ lag der Deckungsbeitrag bei –357 €/ha. Bei den beiden letztgenannten Varianten machen sich die höheren Kosten aufgrund des Einsatzes der Handhacke bemerkbar. Für das Produktionsverfahren mit WE-Vorfrucht waren 20 Arbeitskraftstunden (AKh) notwendig, für das Verfahren mit WE/Ro-Vorfrucht 45 AKh und für die Vergleichsvariante 51 AKh.. Daraus resultierte für die WE-Variante ein Deckungsbeitrag je eigener AKh in Höhe von -3,20 €, für die WE/Ro-Variante von –14,45 € und für die Vergleichsvariante von –13,73 €. Bei der Variante mit WE-Vorfrucht kostete die Erzeugung einer Energieeinheit (1 MJ) 0,40 €-Cent während bei der WE/Ro-Variante die Produktion von einem MJ 0,72 €-Cent kostete und bei der Vergleichsvariante 0,58 €-Cent. Der Energieertrag je AKh betrug bei der WE-Variante 5.125 MJ, bei der WE/Ro-Variante 1.967 MJ und bei der Vergleichsvariante 2.392 MJ.

Tab. 37: Kennzahlen der Deckungsbeitragsrechnung für Silomais der Varianten mit 60 kg N-Düngung/ha, Frankenhausen 2001/2002.

Silomais in Frankenhausen	**Mais Vergleich**	**Mais nach WE**	**Mais nach WE/Ro**
Bruttoertrag in dt TM/ha	182	156	143
Summe der Verluste (% vom Bruttoertrag)	10	10	10
Nettoertrag in dt TM/ha	**164**	**140**	**129**
Marktleistung in € /ha	0	0	0
+ sonstige Leistungen Prämie in € /ha	347	347	347
= Gesamtleistung (GL) in € /ha	**347**	**347**	**347**
- Direktkosten (DK) in € /ha	432	207	432
= Direktkostenfreie Leistungen (DfL) in € / ha(GL – DK)	**- 85**	**140**	**- 85**
DfL ohne sonstige Leistungen in € /ha	- 432	- 207	- 432
Schlaggröße in ha	1	1	1
- variable Maschinenkosten eigen (vMe) in € /ha	272	204	204
- variable Maschinenkosten fremd (vMf) in € /ha	0	0	0
= Deckungsbeitrag in € /ha (DfL - vMe - vMf)	**- 357**	**- 64**	**- 289**
DB ohne sonstige Leistungen	- 704	- 411	- 636
Arbeitskraftstunden eigen in AKh /ha	26	20	20
Arbeitskraftstunden fremd in AKh /ha	25	0	25
DB /AKh eigen in Euro	**- 13,73**	**- 3,20**	**- 14,45**
Gesamtenergieertrag in GJ NEL /ha	122	102,5	88,5
Kosten pro erzeugte Energieeinheit in Cent /MJ NEL	0,58	0,40	0,72
Gesamtenergieertrag in MJ NEL /AKh	2.392	5.125	1.967

6 Diskussion

Für die Akzeptanz und die Verbreitung von Innovationen aus der Forschung in der landwirtschaftlichen Praxis ist die Auswirkung dieser Innovationen auf die Erträge der Kulturpflanzen von besonders großem Interesse. Daher ist der Vergleich der Erträge bei dem neuen Anbausystem mit Erträgen herkömmlicher Anbausysteme im Ökologischen Landbau von besonderer Bedeutung. Hinzu kommt die Auswirkung des Anbausystems auf die zu Beginn der Arbeit dargestellten Anbauprobleme und negativen Umweltaspekte, die häufig mit dem Silomaisanbau verbunden sind. Ferner sind für die Akzeptanz in der landwirtschaftlichen Praxis betriebswirtschaftliche Aspekte besonders wichtig, da nur ökonomisch rentable Innovationen das Interesse der Landwirte und Landwirtinnen wecken und den Eingang in die Praxis finden werden.

6.1 Auswirkung des Anbausystems auf den Maisertrag

In jedem Versuchsjahr wurden als Hauptvarianten Silomais im Direktsaatverfahren nach Wintererbsenvorfrucht (WE) bzw. nach Wintererbsen-Roggengemenge-Vorfrucht (WE/Ro) mit unterschiedlicher N-Düngung (0, 40, 80 kg/ha) angebaut. Als Vergleichsvariante wurde in den Versuchsjahren 2000 bis 2002 „Silomais in Hauptfruchtstellung“ untersucht, bei der der Mais im herkömmlichen Anbauverfahren mit Frühjahrspflugfurche nach winterharter Zwischenfrucht mit 80 kg N-Düngung angebaut wurde. In den Jahren 2000 und 2001 lag der Ertrag bei der Variante mit WE-Vorfrucht und 80 kg N-Düngung leicht über dem Ertrag bzw. auf demselben Niveau wie die Vergleichsvariante, die ebenfalls mit 80 kg N/ha gedüngt wurde (Abb. 12 und 13). Im Jahr 2002 war bei der Vergleichsvariante ein etwas höherer Ertrag als bei der WE-Variante erzielt worden. Diese Unterschiede konnten in keinem Jahr statistisch abgesichert werden. Der Maisertrag bei Spätsaat nach Wintererbsenvorfrucht lag also auf einem vergleichbaren Niveau wie bei herkömmlichem Anbau, so dass die späte Direktsaat sich nicht negativ auf den Ertrag auswirkte. Dies belegen auch die Untersuchungen in einem Sortenscreening zur Spätsaatverträglichkeit von Silomais (GRAß, 1999). Dabei zeigte sich aber auch, dass die Spätsaat von Mais ohne Ertragsrückgang nicht mit jeder Maissorte möglich ist. Eine solche Spätsaatverträglichkeit wird vermutlich u.a. von der unterschiedlichen photoperiodischen Sensibilität der Maissorten beeinflusst, auf die im Folgenden näher eingegangen wird.

Mais benötigt einen quantitativen Kurztagsreiz, um von der vegetativen in die generative Phase überzugehen (GEISLER, 1988). SCHEFFER et al. (1984) untersuchten in ihren Versuchen zum

Einfluss der photoperiodischen Reaktion von Mais die Auswirkung unterschiedlicher Saatzeitpunkte auf den Maisertrag. Dazu wurde der Mais jeweils Ende April, Mitte und Ende Mai gesät. Bei allen drei Saatterminen wurden nahezu gleiche Erträge erzielt. Dies wird mit der photoperiodischen Reaktion der Kurztagspflanze Mais erklärt. Bereits mit der Entfaltung des ersten Blattes reagiert der Mais auf photoperiodische Einflüsse (GEORG, 2000). Der Ende April/Anfang Mai gesäte Mais gerät in der Jugendentwicklung unter den Einfluss der zu dieser Jahreszeit herrschenden Kurztagsbedingungen. Diese fördern den Übergang in die generative Phase und damit eine frühere Abreife. Je später der Mais gesät wird, um so stärker gerät er unter Langtagseinfluss, der die Dauer der vegetativen Phase relativ verlängert (AITKEN, 1980).

Dies könnte auch ein Grund für den sehr hohen Maisertrag bei der Vergleichsvariante im Jahr 2002 sein. Der Mais wurde relativ spät gesät (Mitte Mai) und nach der Saat herrschten für den Mais ungünstige, weil kühle und feuchte Witterungsbedingungen. Diese bewirkten eine zögerliche Entwicklung: Im Jahr 2002 war der Mais der Vergleichsvariante erst am 08.06. im Entwicklungsstadium 19 (Tab. 25), während er im Jahr 2001 bei gleichem Saattermin bereits 9 Tage früher dieses Stadium erreicht hatte (Tab. 24). Im Jahr 2000 befand er sich bei Aussaat Ende April bereits vor dem 23. Mai in diesem Stadium (Tab. 23). Ebenso war der Übergang in die generative Phase im Jahr 2002 bei der Vergleichsvariante gegenüber den Vorjahren etwas verzögert. Der Mais scheint aufgrund der zögerlichen Entwicklung vermehrt unter Langtagseinfluss geraten zu sein, was sich positiv auf den Ertrag ausgewirkt haben könnte. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob nicht eine Aussaat, die zwar später als üblich, aber früher als Ende Mai durchgeführt wird, zu höheren Maiserträgen führen würde. Eine frühere Aussaat ist im Rahmen des in dieser Arbeit behandelten Anbausystems nicht empfehlenswert, da die Vegetationszeit bis in die letzte Maidekade für die Entwicklung der Erstkulturen benötigt wird. Eine frühere Ernte der Erstkulturen führt zu deutlichen Ertragsrückgängen und reduziert die positiven Vorfruchteffekte der Wintererbsen (LINDEKE et al., 2001), auf die an anderer Stelle in der Diskussion eingegangen wird.

Bei Heranwachsen unter Langtagsbedingungen dauert die vegetative Phase in Relation zur Gesamtvegetationszeit des Mais demnach länger. Eine verzögerte Blüte, also eine verlängerte vegetative Phase bewirkt generell eine Erhöhung der vegetativen Pflanzenmasse (GEISLER, 1993). SCHEFFER (1982 b) bestätigt dies mit seinen Untersuchungen zur Maisentwicklung bei künstlich verlängerter Tageslänge. Dabei verzögerte sich der Übergang der Maispflanzen in die generative Phase um bis zu 10 Tage. Beim Mais ist eine solche verlängerte vegetative

Phase mit einer höheren Blattzahl je Pflanze verbunden, die wiederum in einer höheren Kornzahl pro Maiskolben resultiert. Dies wird durch die Arbeit von GREBE (2001) bestätigt, der den photoperiodischen Einfluss auf vier Maissorten bei unterschiedlichen Saatterminen untersuchte. Darunter war auch die Sorte *Probat*. Im Durchschnitt waren bei den spät gesäten Maispflanzen 1,5 mehr Blätter zu verzeichnen gewesen. Die Kornzahl lag allerdings nur leicht höher. Die Pflanzenhöhe war um 15-20 cm beim Saattermin Ende Mai höher als beim Saattermin Anfang Mai. Dieses Phänomen wird auch von GEORG (2000) beschrieben. AITKEN (1980) wies in ihren Untersuchungen zur photoperiodischen Sensibilität von Mais ebenfalls die positive Auswirkung des Langtageinflusses auf die Ausbildung der vegetativen Pflanzenmasse nach und beschreibt dabei den verzögerten Übergang in die generative Phase. Unter dem an den Versuchsstandorten herrschenden Klima sind die Abreifebedingungen für den Mais im Herbst bei der Spätsaat eher ungünstig, so dass eine Verringerung des Tausendkorngewichts (= TKG) eintritt. Dadurch lässt sich auch erklären, weshalb trotz der höheren Blattzahl pro Pflanze und der höheren Kornzahl je Kolben der spät gesäte Mais keinen höheren Ertrag als der früh bzw. normal gesäte liefert (SCHEFFER et al., 1984). Der früher gesäte Mais reift im Herbst früher und damit unter optimaleren Bedingungen ab, so dass sich höhere TKG-Werte ausbilden können, was durch die Arbeit von GREBE (2001) bestätigt wird. Bei Anbau der spätsaatverträglichen Sorte *Probat* war jedoch kein Ertragsrückgang festzustellen, was für die Spätsaat von Mais im Rahmen des Zweikulturnutzungssytems besonders wichtig ist.

Dies wird durch Untersuchungen von KÖSTENBAUER (1996) in Österreich belegt, wo der Silomaisertrag bei der Aussaat Ende Mai sogar höher lag als bei der Frühsaat Anfang Mai. Eine solche Ertragssteigerung wurde teilweise auch durch die Ergebnisse eines Sortenvergleichs bestätigt, der in den Jahren 2001 und 2002 am Standort Hebenshausen mit vier Maissorten durchgeführt wurde (Abb. 15 und 16). Dabei wurden die Sorten jeweils Anfang und Ende Mai ausgesät. Im Jahr 2001 lag der Ertrag der Sorte *Probat* bei der Spätsaatvariante etwas höher als bei Normalsaat. 2002 lagen die Erträge bei Spät- und Normalsaat auf demselben Niveau. Bei den anderen Sorten führte die Spätsaat zu Ertragsrückgängen. Diese Ergebnisse beschreiben Tendenzen, da aufgrund von Schäden durch Vogelfraß eine statistische Auswertung nicht möglich war.

Die Sorte Probat ist den verschiedenen Ergebnissen zufolge für die Spätsaat besonders gut geeignet. Eine für die Spätsaat geeignete Sorte sollte demnach eine relativ lange vegetative Phase durchlaufen, anschließend die dabei gebildeten Assimilate in einer kurzen generativen

Phase möglichst schnell in die Kolben einlagern und eine ausreichende Siloreife erreichen. *Probat* geht bei Spätsaat im Vergleich zu anderen Sorten zu einem späteren Zeitpunkt in die generative Phase über, die dann aber relativ schnell durchlaufen wird (GRAß, 1999). Dies wird durch die Boniturergebnisse der Maisentwicklung (Kap. 5.4) in den Versuchsjahren dieser Arbeit belegt. Zur Erreichung des Entwicklungsstadiums EC 83/84, in dem Silomais üblicherweise geerntet wird (ZSCHEISCHLER et al., 1990), benötigte die Sorte *Probat* bei Spätsaat eine zwischen 8 und 13 Tagen kürzere Vegetationszeit als bei Normalsaat. Die vegetative Entwicklungsphase dauerte bei Spätsaat aber zwischen 0,5 und 5 % länger als bei Normalsaat.

Bei Normalsaat wurden i.d.R. etwas höhere TS-Gehalte, Kolbenanteile und ein etwas höherer Energiegehalt als bei Spätsaat erzielt (Kap. 5.2). Dies hängt vermutlich mit den beschriebenen besseren Abreifebedingungen bei Normalsaat zusammen, die die Kolbenausbildung und die TS-Ausbildung fördern und damit zu den etwas höheren Stärke- und Energiegehalten führen könnten.

Beim Vergleich der in den Versuchen für diese Arbeit erzielten Erträge und der ermittelten Ertragsparameter bzw. der Ergebnisse der Untersuchungen für die Futterqualität mit Angaben aus Landessortenversuchen (LSV) wird deutlich, dass vor allem bei der WE 80-Variante (bzw. WE 60 in 2002) kaum Unterschiede hinsichtlich der genannten Vergleichsparameter bestehen. Z.T. lagen die bei dieser Variante erzielten Ergebnisse über den in der Literatur dargestellten Angaben. In Landessortenversuchen zu Silomais im Ökologischen Landbau der Landwirtschaftskammern Weser-Ems und Hannover (BENKE und MEYERCORDT, 2002) betrug für das Jahr 1999 der durchschnittliche Ertrag der Verrechnungssorten 142 dt TM/ha. Der im Jahr 1999 erzielte Maisertrag der WE 80-Variante lag mit 138,7 dt TM/ha auf nahezu gleichem Niveau. Ebenso war zwischen dem Energieertrag dieser Variante mit 90,2 GJ NEL/ha (Tab. 15) und dem Energieertrag bei den Landesortenversuchen mit 89,6 MJ NEL kein Unterschied festzustellen. Der Rohproteingehalt lag mit 5,7 % um einen halben Prozentpunkt niedriger als bei den LSV-Ergebnissen. Bei den Varianten mit niedrigeren Düngungsstufen und bei den Varianten mit Gemengevorfrucht waren die Werte z.T. deutlich niedriger. Vor allem die Gesamtenergieerträge waren bis zu einem Drittel geringer als bei den LSV-Ergebnissen. Die Vorfrucht Wintererbsen und die N-Düngung über Gülle haben neben einem höheren TM-Ertrag zu einer Erhöhung des Energieertrags/ha und zu einer Verbesserung der Futterqualität geführt.

In den Jahren 2000 und 2001 wurden diese Tendenzen bestätigt, allerdings lagen in beiden Jahren die Rohproteingehalte bei der WE 80-Variante um bis zu einem Prozent höher als bei den LSV-Ergebnissen. Im Jahr 2001 war der Gesamtenergieertrag der WE 80-Variante um 16 GJ/ha höher als bei den LSV-Ergebnissen. Für das Jahr 2002 wurden die Ergebnisse von Landessortenversuchen an 5 Standorten zusammengefasst (DMK, 2003). Auch hier bestätigten sich beim Vergleich mit den Ergebnissen aus dem Jahr 2002 (Tab. 20 und 21) die Tendenzen aus den Vorjahren, dass die WE 60-Variante hinsichtlich Ertrag und Qualitätsparameter auf demselben Niveau wie die Ergebnisse der LSV lag. Diese Vergleiche sind als Anhaltswerte zu sehen und beschreiben Tendenzen, da die Versuche auf unterschiedlichen Standorten unter verschiedenen Klimabedingungen und bei unterschiedlicher Düngung durchgeführt wurden.

Ebenso beschreibt ein Vergleich der Ergebnisse dieser Arbeit mit Literaturangaben zum Silomaisertrag im Ökologischen Landbau Tendenzen, bietet aber dabei Anhaltswerte für die Auswirkungen des Anbausystems auf den Silomaisertrag. MEYERCORDT (1999) schildert Durchschnittserträge für Silomais im Ökologischen Landbau, die sich zwischen 72 und 110 dt TM/ha bewegen. HUNTGEBURTH (1999) kommt in seinen Ausführungen zu dem Fazit, dass im Ökologischen Landbau Silomaiserträge um die 100 dt TM/ha möglich sind. Diese Ertragsbereiche wurden in den Versuchen zu dieser Arbeit bei WE-Vorfucht auch ohne N-Düngung immer erzielt. BECKMANN und KOLBE (2001) erzielten in ihren Untersuchungen bei Silomais Energiegehalte von z.T. deutlich unter 6 MJ NEL/kg TM, allerdings bei hohen TM-Erträgen von bis zu 178 dt/ha. Daraus ergaben sich Energieerträge je ha, die zwischen 53 und 89 GJ NEL/ha lagen und damit z.T. deutlich unter den Werten blieben, die bei den WE 80-Varianten erzielt wurden. FAßBENDER (1998) und BERENDONK (1998) erzielten in ihren Untersuchungen Maiserträge zwischen 130 und 140 dt TM/ha, die somit in der Höhe der Ergebnisse aus den Jahren 1999 und 2000 für die WE 80-Variante lagen. Die von RAUPP et al. (1991) angegebenen Silomaiserträge nach Kleegras lagen bei reduzierter Bodenbearbeitung bei 102 dt TM/ha und bei Pflugeinsatz bei 176 dt TM/ha. Insgesamt lässt sich festhalten, dass bei einem Vergleich mit den in der Literatur angeführten Angaben zum Ertrag von Silomais im Ökologischen Landbau die mit dem neuen Anbausystem erzielten Erträge und Qualitätsparameter auf jeden Fall bei der Variante mit Wintererbsenvorfrucht und 80 kg N-Düngung auf gleichem Niveau lagen, in vielen Fällen sogar darüber. Auch ohne zusätzliche N-Düngung wurden nach WE-Vorfrucht teilweise Erträge erzielt, die denen in der Literatur im Zusammenhang mit herkömmlichen Anbausystemen erzielten Erträgen entsprechen.

Damit wird Arbeitshypothese 1 belegt: **Bei Anbau einer spätsaatverträglichen Maissorte ist ein mit herkömmlichem Anbau vergleichbarer Maisertrag und Energieertrag (GJ/ha) zu erzielen**.

Für die Ertragsausbildung und die Futterqualität ist ferner die Nährstoffversorgung von besonderer Bedeutung. Bei den Hauptvarianten, also den Varianten des neuen Anbausystems mit Wintererbse bzw. Wintererbse-Roggengemenge als Vorfrucht zu Mais, gab es hinsichtlich der Erstkulturen deutliche und bei den Düngungsstufen nur teilweise Unterschiede. Generell waren bei Wintererbsenvorfrucht die Erträge, der Stärkegehalt und der Energiegehalt höher als bei den Maisvarianten mit Gemengevorfrucht. Ebenso lagen auch die Rohproteingehalte im Mais bei den WE-Varianten mit Ausnahme des Versuchsjahres 2002 höher als bei den Gemengevarianten. Dies ist vermutlich auf den Vorfruchtwert der Wintererbsen zurückzuführen, die bis Ende Mai nach Untersuchungen von KARPENSTEIN-MACHAN und STÜLPNAGEL (2000) bis zu 130 kg N/ha fixieren. MAKOWSKI (2000) beschreibt, dass Erbsen ca. 80 % ihres N-Bedarfs über die Fixierungsleistung decken, was der vorher genannten Größenordnung entspricht. Untersuchungen von BUSCH (1987) zufolge kann die fixierte N-Menge bei Erbsen nach der erweiterten Differenzmethode insgesamt bis zu 190 kg/ha betragen. Dabei ist die Gesamt-N-Fixierung bis zur Blüte der Erbsen größtenteils abgeschlossen. Mit der Ernte des oberirdischen Aufwuchses der Erbsen Ende Mai werden zwar im Durchschnitt 140-150 kg N/ha vom Feld abgefahren (Tab. 11), aber im Laufe der Vegetationsperiode werden noch bedeutende Mengen an residualem Stickstoff aus den Resten der unterirdischen Biomasse (Wurzeln und Knöllchen) und dem Bodenpool der mikrobiellen Biomasse mineralisiert. Die mikrobielle Biomasse fungiert auch als Senke für mineralischen Stickstoff, der nicht von den Pflanzen aufgenommen wird. Diese mikrobielle Biomasse stirbt im Laufe der Vegetationsperiode ab (= mikrobielle Nekromasse) und der in ihr gebundene Stickstoff steht den Pflanzen infolge von Mineralisationsprozessen wieder zur Aufnahme zur Verfügung (JOERGENSEN, 1996). KRUG (2002) ermittelte für die Wurzeln von Wintererbsen ein durchschnittliches C/N-Verhältnis von 15:1, das auf eine relativ schnelle Umsetzbarkeit hinweist. In den Wurzeln der Wintererbsen wurden N-Mengen von über 80 kg/ha ermittelt, die im Laufe der Mineralisation freigesetzt werden können. KÖPKE (1989) stellte in seinen Untersuchungen nach dem Anbau von Körnerleguminosen (Erbsen und Ackerbohnen) im Boden um ca. 90 kg je ha höhere Stickstoffmengen fest als nach Nichtleguminosen. Diese Stickstoffmengen setzten sich aus in Ernteresten (inkl. Wurzeln und Knöllchen) gebundenem Stickstoff und aus nicht aufgenommenem residualem Bodenstickstoff zusammen. PANSE et al. (1995) ermittelten für den Erb-

senanbau in einer N-Bilanz einen N-Überschuss von 100 kg N/ha. Bei den Untersuchungen von PEOPLES et al. (1995) fiel dieser Überschuss mit bis zu 21 kg/ha niedriger aus. SCHMIDTKE (1997 und 1999) stellte neben positiven (1999) auch negative (1997) N-Salden beim Erbsenanbau fest, was vermutlich mit den jeweiligen Standorten zusammenhing. Denn ein erhöhtes N-Angebot bzw. eine N-Düngung zu den Leguminosen in Form von Jauche führte zu einer Reduzierung der N-Fixierungsleistung und damit zu schlechteren N-Salden. Hinsichtlich unterschiedlicher N-Bilanzen ist auch ein Sorteneinfluss nicht auszuschließen (MAYER und HEß, 1997). KRUG (2002) untersuchte bei mehreren Wintererbsenherkünften die N_{min}-Dynamik und ermittelte große Unterschiede hinsichtlich der N_{min}-Gehalte im Boden bei den verschiedenen Herkünften. Die gemessenen Werte reichten von 15 bis 100 kg N_{min}-N je ha. Ferner fanden RÄTZ et al. (1997) in ihren Untersuchungen zur N-Fixierungsleistung bei Erbsen eine räumliche Variabilität der N-Fixierung auf dem Acker, die je nach Messpunkt zu unterschiedlichen Salden führen kann. Dabei wurden immer positive N-Salden beim Erbsenanbau ermittelt. Außer den Versuchen von Krug (2002) fanden alle zitierten Untersuchungen bei Sommererbsen statt. CHARLES (2001) beschreibt das höhere Ertragspotenzial von Winter- gegenüber Sommerkulturen. Ob dies mit einer erhöhten N-Fixierung einhergehen könnte, müsste untersucht werden. Hier zeichnet sich weiterer Forschungsbedarf ab. KARPENSTEIN-MACHAN und STÜLPNAGEL (2000) erzielten in ihren Untersuchungen nach reiner Leguminosenvorfrucht um bis zu einem Drittel höhere Maiserträge als nach Leguminosen-Getreide-Gemenge-Vorfrucht, was sie auf die höhere N-Nachlieferung für den Mais nach reinem Leguminosenanbau zurückführten. WICHMANN et al. (2001) ermittelten in ihren Untersuchungen eine signifikant höhere N-Fixierungsleistung von Erbsen in Reinsaat als im Gemengeanbau. Auf diese Aspekte wird bei der Diskussion der Stickstoffdynamik (Kap. 6.4) noch genauer eingegangen. Dieser positive Vorfruchteffekt der Wintererbsen zeigte sich neben den beschriebenen höheren Werten für die Erträge und Ertragsparameter auch in den höheren Stickstoffgehalten in den Maispflanzen nach WE-Vorfrucht. HAAS (2003) konstatiert winterharten Leguminosen ebenfalls diesen positiven Vorfruchtwert bei Zwischenfruchtnutzung. Ferner lagen die Gesamtmengen an pflanzenverfügbarem Stickstoff bei den WE-Varianten auf einem höheren Niveau als nach Gemengevorfrucht (Kap. 5.6). Somit ist der Mais ein sehr guter Verwerter der im Laufe der Mineralisation aus der organischen Masse des Bodens und der organischen Düngung freigesetzten Nährstoffe (BENKE und MARTENS, 2001). Darin liegt auch die besonders gute Eignung des Mais für den Ökologischen Landbau, da seine Vegetationszeit und damit seine Nährstoffaufnahme bis in den Frühherbst hineinreichen (HUNTGEBURTH,

1999), was sich in dem vorgestellten neuen Anbausystem aufgrund der Spätsaat noch weiter optimieren lässt.

Die Düngung schien bei den Varianten mit WE-Vorfrucht nur bei der höheren Düngungsstufe mit 80 kg N/ha in den Jahren 1999 bis 2001 im Vergleich zur Nullvariante einen Effekt auf den Maisertrag zu haben. Die Variante mit 40 kg N/ha führte, wenn überhaupt, nur zu einer geringen Ertragssteigerung. Dies lässt sich auch anhand der Korrelationskoeffizienten zwischen N-Düngung und Maisertrag belegen, die in Tab. 38 dargestellt sind:

Tab. 38: Korrelationskoeffizienten N-Düngung zu Maisertrag der Varianten mit Wintererbsenvorfrucht und 40 bzw. 80 kg N-Düngung und der Varianten mit Wintererbsen-Roggenvorfrucht mit 40 bzw. 80 kg N-Düngung.

Variante	**Korrelationskoeffizient N-Düngung/Maisertrag**			
	1999	**2000**	**2001**	**2002**
WE 40	0,226	0,018	0,715 *	0,661
WE 80	0,617 *	0,666 *	0,778 **	0,602
WE/Ro 40	0,685 *	0,624 *		0,251
WE/Ro 80	0,636 *	0,701 *		0,312

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 signifikant.
** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 signifikant.

Bei den Varianten mit Wintererbsenvorfrucht korrelierte die N-Düngung von 40 kg/ha außer im Jahr 2001 in keinem Jahr mit den Maiserträgen, da diese auf nahezu gleichem Niveau wie bei den Varianten ohne N-Düngung lagen. Bei der höheren N-Düngungsstufe von 80 kg/ha war außer im Jahr 2002 eine signifikante Korrelation zwischen N-Düngung und Maisertrag festzustellen. 2001 war diese Korrelation höchstsignifikant. Nach Gemengevorfrucht lag in den Versuchsjahren 1999 und 2000 auch bei einer N-Düngung von 40 kg/ha eine signifikante Korrelation zwischen N-Düngung und Maisertrag vor. Im Jahr 2002 konnten zwischen den Düngungsstufen nur geringe Unterschiede hinsichtlich des Maisertrags ermittelt werden. Die N-Düngung korrelierte bei keiner Variante mit dem Maisertrag.

In den Jahren 1999-2001 waren die Mengen an wasserlöslichem und damit pflanzenverfügbarem Stickstoff, die mit der Gülledüngung ausgebracht wurden, sehr hoch (Kap. 4.3). Dieser kann in der Folgezeit von den Pflanzen sofort aufgenommen werden. Zusätzlich wird konti-

nuierlich im Boden organisch gebundener Stickstoff (Erntereste, mikrobielle Residualmasse, Gülle) durch Mineralisation freigesetzt. Anscheinend findet diese Freisetzung nach Wintererbsen in so hohem Maße statt, dass die Düngewirkung bei der 40 kg N-Variante durch den Mineralisationsprozess im Laufe der Vegetationsperiode kompensiert wird. Bestätigt wird diese Vermutung durch die Betrachtung der N-Gehalte in den Pflanzen vier Wochen nach der Gülledüngung und zur Ernte (Tab. 26-28). Im Jahr 1999 war am 20.07. zwischen der Variante ohne N-Düngung und der Variante mit 40 kg N-Düngung kein Unterschied hinsichtlich der aufgenommenen N-Menge festzustellen. Bei der 80 kg-Variante hatten die Pflanzen 10 kg mehr N aufgenommen. Bis zur Ernte im Oktober wurde dieser Unterschied noch größer: Bei der 80 kg-Variante betrug der N-Gehalt im Mais 125 kg/ha, bei den beiden anderen Varianten lag er bei 100 bzw. 105 kg/ha. Noch deutlicher wird diese Dynamik bei den Ergebnissen aus dem Jahr 2000: Vier Wochen nach der Gülledüngung waren entsprechend der verschiedenen Düngungsstufen bei den N-Gehalten in den Pflanzen klarere Abstufungen zu sehen. Bis zur Ernte im Oktober veränderten sich diese Abstufungen: Bei der Variante ohne N-Düngung und bei der 40 kg-Variante lagen die N-Gehalte mit 147 kg/ha auf dem gleichen Niveau, während bei der 80 kg-Variante der N-Gehalt mit 172 kg/ha deutlich höher lag. Scheinbar werden im Laufe der Vegetationsperiode große Mengen an Stickstoff freigesetzt, die vorübergehend in der organischen Substanz des Bodens gebunden waren. Auf diese Aspekte wird in der Diskussion der Stickstoffdynamik (Kap. 6.4) noch genauer eingegangen. Belegt wird dieser positive Vorfruchteffekt der Wintererbsen hinsichtlich der N-Versorgung der Folgekultur durch die signifikant höheren Maiserträge nach WE-Vorfrucht im Vergleich zu den Erträgen nach der Gemengevorfrucht. Diesen Effekt beschreiben auch KARPENSTEIN-MACHAN und STÜLPNAGEL (2000), die bei Mais nach Wintererbsen ohne N-Düngung nahezu gleich hohe Erträge festgestellt haben wie bei Mais mit einer geringen N-Düngung. RAUPP et al. (1991) und FAßBENDER (1998) fanden in ihren Untersuchungen nach Kleegrasumbruch ebenfalls eine hohe N-Nachlieferung aus der Umsetzung der organischen Masse, die der nachfolgende Mais sehr gut verwerten konnte. Ein weiteres Indiz für diese gute Vorfruchtwirkung der Wintererbsen ist die Tatsache, dass nach der Gemengevorfrucht die N-Düngung zu Mais zu erkennbareren Effekten führte, was durch die signifikanten Korrelationen bestätigt wird (Tab. 30). Vier Wochen nach der Gülledüngung hatten beispielsweise im Jahr 2000 bei der WE/Ro 80-Variante die Pflanzen 15-20 kg mehr N/ha aufgenommen als bei den anderen Varianten. Zur Ernte waren diese Effekte noch ausgeprägter. Bei der Variante mit 80 kg N-Düngung war eine höhere N-Menge im Erntegut festzustellen als bei der 40 kg-Variante. Und auch bei der 40 kg-Variante lag die aufgenommene N-Menge um ca. 20 kg höher als bei der Variante ohne N-

Düngung. Hier wurde also die unterschiedliche N-Düngung nicht durch die aus der Mineralisation der Erntereste der Erstkultur freigesetzten Mengen an Stickstoff kompensiert.

Die Auswirkung bzw. „Nichtwirkung“ der Düngung machte sich auch bei den Erträgen bemerkbar. Bei den WE-Varianten lagen die Erträge ohne N-Düngung und mit 40 kg N-Düngung auf nahezu gleichem Niveau, während der Ertrag bei der 80 kg Variante signifikant höher lag. Bei den Varianten mit Gemengevorfrucht fanden sich die Abstufungen in den N-Gehalten entsprechend der Düngungsstufen auch bei den Maiserträgen wieder. Dies wird auch von KARPENSTEIN-MACHAN und STÜLPNAGEL (2000) beschrieben, die bei Maisanbau nach einem Wintererbsen-Roggengemenge durch eine N-Düngung zu Mais deutliche Ertragssteigerungen erzielen konnten.

Im Jahr 2002 stellte sich die Dynamik hingegen anders dar. Die Düngung hatte auch zur Ernte nur einen sehr geringen Effekt, und zwar sowohl bei den Varianten mit WE-Vorfrucht als auch bei denen mit Gemengevorfrucht. Dies könnte mehrere Ursachen haben. Zum einen war der Anteil an wasserlöslichem N in der Gülle mit 7 bzw. 14 kg N/ha sehr gering (Kap. 4.3), so dass der gedüngte Stickstoff größtenteils in organischer Form vorlag und den Pflanzen zunächst nur in sehr geringer Menge zur Verfügung stand. Hinzu kam, dass in dem Zeitraum nach der Gülledüngung kaum Niederschläge fielen, der Juli war im Vergleich zum langjährigen Mittel besonders trocken. Eine unzureichende Wasserversorgung kann zu einer Beeinträchtigung der mikrobiellen Biomasse führen (KANDELER und BOEHM, 1996), die einen maßgeblichen Einfluss auf die Mineralisierung von organisch gebundenem Stickstoff hat. Dies wird durch die Untersuchungen von PYTTLIK (2003) belegt, die auf dem Schlag „Kleines Feld“ 2002 die mikrobielle Biomasse untersucht hat und für den Zeitraum Juni bis Juli sehr niedrige Werte für die Menge an mikrobieller Biomasse vorfand. Hierin könnte ein Grund für die geringe Wirksamkeit der N-Düngung im Jahr 2002 liegen. Zum anderen schien dieser Standort im Jahr 2002 ein hohes Nachlieferungsvermögen für Stickstoff gehabt zu haben, denn auch bei der Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“ war im Erntegut mit 218 kg N/ha bei einer N-Düngung von 60 kg/ha ein sehr hoher N-Gehalt zu verzeichnen gewesen (Tab. 29). Dieses Nachlieferungsvermögen könnte in diesem Jahr sowohl die Düngewirkung als auch die Vorfruchtwirkung der Wintererbsen überlagert und zu den N-Gehalten im Erntegut auf nahezu gleichem Niveau geführt haben. Bestätigt wird diese Annahme bei Betrachtung der N-Gehalte im Mais nach der Gemengevorfrucht, wo im Gegensatz zu den anderen Versuchsjahren nur geringe Unterschiede zwischen den Varianten mit unterschiedlicher N-Düngung zu verzeichnen waren.

Insgesamt wird durch die Versuchsergebnisse belegt, dass die Wintererbsenvorfrucht auch bei Ernte und Abfuhr vom Feld hinsichtlich der N-Versorgung des nachfolgenden Maises eine positive Vorfruchtwirkung besitzt. Die von den Erbsen verursachte N-Dynamik im Boden kompensiert die Düngewirkung einer geringen N-Düngung, die somit nicht ertragswirksam wird.

Die guten Maiserträge mit entsprechender Futterqualität beruhen demnach auf dem positiven Vorfruchtwert der Erstkultur Wintererbse und der Spätsaatverträglichkeit der Maissorte *Probat*, die die Nutzung der Erstkultur bis Ende Mai ermöglicht. Dadurch kann für diese wertvolle Vegetationszeit gewonnen und neben Mais eine zusätzliche Ernte im gleichen Jahr ermöglicht werden.

6.2 Erträge und Futterwert der Erstkulturen

Die Wintererbsen erzielten Ende Mai einen Ganzpflanzenertrag zwischen 54 dt TM/ha (2002) und 59 dt TM/ha (1999). Der geringere Ertrag im Jahr 2002 hing vermutlich mit dem im Vergleich zu den anderen Jahren späteren Erntetermin zusammen. Aufgrund von starken Niederschlägen war der Erbsenbestand umgefallen und es kam zu höheren Verlusten. Im Aufwuchs waren zur Ernte bis zu 148 kg N/ha enthalten. Im Jahr 2001 betrug der N-Gehalt 195 kg/ha, was aber eher als Ausnahme anzusehen ist und vermutlich mit der sehr hohen N-Nachlieferung des Schlags „Meierbreite“ am Standort Hebenshausen zusammenhing, der sich in dem höheren Rohproteingehalt widerspiegelte (Tab. 13). In den Untersuchungen von KARPENSTEIN-MACHAN und STÜLPNAGEL (2000) wird für die Wintererbsen Ende Mai ebenfalls ein N-Gehalt von ca. 150 kg/ha angegeben. KIRCHMEIER und SAUTER (2002) untersuchten den Ganzpflanzenertrag bei Sommererbsen, die zum Zeitpunkt „Ende der Blüte“ geerntet wurden. Der Ganzpflanzenertrag betrug 60 dt TM/ha bei einem RP-Gehalt von 17,8 % und lag somit auf einem ähnlichen Niveau wie bei den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit (Tab.11 und 13).

Bei der Erstkultur Wintererbsen-Roggengemenge waren die Erträge etwas höher als bei WE-Reinsaat und lagen zwischen 60 dt TM/ha (2000) und 72 dt TM/ha (2001). KÜBLER und AUFHAMMER (2001) begründen den höheren Ertrag von Gemengen im Vergleich zur Reinsaat der Gemengepartner mit der besseren Ausnutzung von Wachstumsfaktoren und der geringeren Anfälligkeit gegen Schadorganismen. Im Jahr 2001 machte sich vermutlich die hohe N-Nachlieferung des Standortes bemerkbar, der zu dem hohen Ertrag führte. Dabei stieg zugleich der Roggenanteil im Erntegut mit 77 % (Tab. 13) stark an; ausgesät wurde er mit

halber Saatstärke. Der Roggen konnte vermutlich die hohen Mengen an pflanzenverfügbarem Stickstoff sehr gut für seine starke Entwicklung nutzen. Dieser Effekt zeigte sich auch im Jahr 2002, wo im Erntegut beim Gemenge der Roggenanteil fast 85 % betrug. Zu Versuchsbeginn im September 2001 war der N_{min}-Gehalt mit 115 kg/ha sehr hoch, so dass der Roggen sich sehr gut entwickeln konnte. Hinzu kam, dass der folgende Winter 2001/2002 überdurchschnittlich mild war und zur guten Roggenentwicklung beitrug, die der Entwicklung der Wintererbsen überlegen war. Ferner zeichnete sich das Gemenge durch einen höheren TS-Gehalt aus, was neben niedrigeren RP-Gehalten zu einer besseren Silierbarkeit beiträgt. KIRCHMEIER und SAUTER (2002) empfehlen für die Silierung von ganzen Erbsenpflanzen die Zugabe von Siliermitteln, wodurch die Silierung der Erbsen kein Problem darstelle. Hinsichtlich der Silierbarkeit von Erbsenganzpflanzen zeichnet sich weiterer Forschungsbedarf ab.

Der Futterwert der Erbsen ist höher als der des Gemenges einzustufen. Der Energiegehalt der Wintererbsen ist außer 2002 nur leicht niedriger als bei dem Gemenge, im Jahr 2001 war er gleich hoch. Dafür ist der Rohproteingehalt mit Werten zwischen 15 und 21 % um bis zu 10 % höher als bei dem Gemenge, was sich in den höheren N-Gehalten der Wintererbsen widerspiegelt.

6.2.1 Energetische Verwertung der Wintererbsen

Der Aspekt der Futterqualität rückt in den Hintergrund, wenn die Erstkulturen nicht als Viehfutter genutzt werden sollen, sondern als Co-Fermentat zur energetischen Erzeugung in einer Biogasanlage Verwendung finden. Dies ist für Betriebe von Interesse, die eine solche Biogasanlage besitzen und keinen weiteren Bedarf an einem eiweißreichen Grundfutter haben. In diesem Fall wird das Erntegut auch siliert, um als ganzjährige Energiequelle zur Verfügung zu stehen (SCHEFFER, 2000). Dabei ist die Silagequalität von eher untergeordneter Bedeutung. Außer bei ölhaltigen Pflanzen lässt sich mit allen Pflanzen bei einer energetischen Nutzung bezogen auf eine Gewichtseinheit ungefähr die gleiche Energieausbeute erzielen (STÜLPNAGEL et al., 1992). Daher ist in diesem Zusammenhang die Stickstoffmenge im Erntegut von größerem Interesse. Diese bleibt bei der Biogasnutzung erhalten und gelangt mit dem Gärrest (Substrat) wieder als Dünger auf das Feld. Die Wintererbsen sind daher sehr positiv zu bewerten, da bei dieser Nutzungsrichtung zusätzlich Stickstoffdünger in Höhe von bis zu 150 kg/ha produziert werden kann, und zwar ohne Beeinträchtigung des Ertrags der Folgekultur. Damit wird die oft beschriebene Konkurrenz zwischen Nahrungs-, Futter- und Energiepflanzen entschärft und der Anbau von Biomasse zur Energieerzeugung auch im Ökologischen Landbau ermöglicht (SCHEFFER, 2002). Durch diese energetische Nutzung kann eine

Wertschöpfung in Höhe von ca. 900 €/ha erzielt werden. Bei einem Ertrag von 6 t TM/ha beträgt die erzeugte elektrische Energie ca. 6.000 Kilowattstunden (kWh). Bei einer Vergütung von 0,10 €/kWh ergibt sich daraus ein monetärer Erlös von 600 €/ha. Bei einer monetären Bewertung des Stickstoffs in Höhe von 2 €/kg liegt der Erlös bei einer Menge von 150 kg/ha in den Erbsen bei 300 €/ha (GRAß, 2001). Nach REDELBERGER (2002) wird in der Betriebsplanung im Ökologischen Landbau das Kilogramm Stickstoff mit bis zu 5 € bewertet, so dass sich die Wertschöpfung entsprechend erhöhen würde. Nach AMON et al. (2001) wird bei vielen Biogasanlagen erst durch eine solche beschriebene Co-Fermentation von Biomassen die Rentabilität erreicht. Bei diesen Berechnungen ist die monetäre Bewertung der bei der Biogasproduktion anfallenden Wärme nicht berücksichtigt worden, da diese vielfach noch nicht genutzt wird. Bei einer solchen Bewertung würde die Wertschöpfung entsprechend steigen.

6.3 Gesamterträge

Der beschriebene positive Vorfruchtwert der Wintererbsen kommt unabhängig von der Nutzungsrichtung der Folgekultur Mais zugute und führt zu den beschriebenen Erträgen. Durch Aufsummieren der Erträge beider Kulturen ergeben sich Gesamtflächenerträge von bis zu 200 dt TM/ha und Jahr, die damit deutlich höher als bei herkömmlichen Anbausystemen liegen. Der höchste Gesamtertrag wurde meistens bei der Variante mit Wintererbsenvorfrucht und 80 kg N-Düngung zu Mais (WE 80) erzielt, allerdings konnten die Unterschiede zur entsprechenden Gemengevariante (WE/Ro 80) statistisch nicht abgesichert werden. Der höhere Ertrag des Gemenges gegenüber den Wintererbsen hat den niedrigeren Ertrag bei der Zweitkultur Silomais nahezu ausgeglichen. Das gilt für alle Düngungsstufen. In jedem Untersuchungsjahr war der Gesamtertrag bei den Varianten des Zweikulturnutzungssystems signifikant höher als bei den Vergleichsvarianten des herkömmlichen Anbausystems.

Damit wird Arbeitshypothese 2 belegt: Die Nutzung von zwei Kulturen in einem Jahr führt zu einer Erhöhung des Gesamtflächenertrags im Vergleich zum herkömmlichen Anbausystem.

6.4 Stickstoffdynamik

Wie in Kap. 1 geschildert wurde, besteht im Silomaisanbau oft das Problem zu hoher N_{min}-Gehalte im Boden zu folgenden Zeitpunkten mit der Gefahr von Stickstoffauswaschung: Über Winter und im Frühjahr vor der Maissaat, nach der Saat und im Herbst nach der Maisernte. Zugleich steht im Ökologischen Landbau häufig der Stickstoff den Maispflanzen nicht bedarfsgerecht in ausreichender Menge zur Verfügung, was sich in niedrigen Erträgen auswirkt

(MEYERCORDT, 1999). Um die N-Versorgung der Kulturpflanzen zu verbessern, werden im Ökologischen Landbau Leguminosen angebaut, die einen hohen Vorfruchtwert für anspruchsvolle Kulturpflanzen besitzen. Nach dem üblichen Fruchtfolgeglied Kleegras, das meist zur Futternutzung dient, konkurriert der Mais mit anderen Marktfrüchten (Weizen, Gemüse) um diese Vorfruchtwerte (HEß und GRAß, 2001). Dabei wird sich in der Fruchtfolgegestaltung oft für die Marktfrüchte entschieden, mit denen ein höherer monetärer Erlös erzielbar ist. Als Alternative bietet sich der Zwischenfruchtanbau mit sommerannuellen Leguminosen vor dem Mais an. LÜTKE ENTRUP und ZERHUSEN (1992) weisen darauf hin, dass damit die Gefahr verbunden ist, dass über die N-Fixierung der Leguminosen noch mehr Stickstoff akkumuliert wird, der nach Abfrieren der Zwischenfrüchte im Laufe der Mineralisation wieder freigesetzt und ausgewaschen werden kann. HEß et al. (1992) konstatieren dem Ökologischen Landbau auch bei Leguminosenanbau eine tendenziell geringere N-Auswaschungsgefahr als anderen Landbausystemen. Zugleich stellen sie aber die Notwendigkeit fest, dass dieses Auswaschungspotenzial durch entsprechende acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen noch weiter gesenkt werden muss. Bei dem in dieser Arbeit vorgestellten neuen Anbausystem wird im Rahmen der Zweikulturnutzung mit der Wintererbse als Vorfrucht vor Mais eine winterharte Leguminose angebaut, die diesem Effekt der zusätzlichen Mineralisation entgegenwirkt. Ferner sind Leguminosen während ihrer Jugendentwicklung kaum in der Lage Stickstoff zu fixieren, sondern nehmen diesen aus dem Boden auf (MAYER und HEß, 1997). Gerade in den letzten Jahren ist verstärkt die Tendenz zu beobachten, dass im Winter lange frostfreie Perioden neben kurzen Frostperioden dominieren. Dies wird durch die Temperaturdaten des Untersuchungszeitraumes für diese Arbeit bestätigt (Kap. 4.1), wo in jedem Winter die Temperaturen in den meisten Monaten über denen des langjährigen Mittels lagen. Da schon bei 1 °C Mineralisationsprozesse einsetzen (AUFHAMMER et al., 1990), erfolgt auch über Winter die Freisetzung von pflanzenverfügbarem Stickstoff. Dieser kann nur von winterharten, sich im Wachstum befindlichen Pflanzen aufgenommen werden (STICKSEL et al., 1996; VAN DIJK et al, 1997). Die Untersuchung der N-Dynamik (Kap. 5.6) zeigte deutlich, dass besonders in den Perioden 1998/1999 und 2001/2002 nach der Aussaat der Erstkulturen die N_{min}-Gehalte im Boden bis zum Dezember absanken. Dabei waren in der Regel die Werte unter WE höher als unter dem WE/Ro-Gemenge, was mit der höheren N-Aufnahme durch den Roggen zu erklären ist. Besonders wird dies in der Untersuchungsperiode 2000/2001 deutlich. In diesem Jahr war bei der Vergleichsvariante keine Zwischenfrucht vor dem Mais gesät worden, so dass der Boden brach lag. Dies führte nach der Herbstpflugfurche zu einem signifikanten Anstieg des N_{min}-Gehalts bei dieser Variante bis auf 106 kg/ha (Abb. 34 und Tab. A 25 im Anhang). Im

Laufe des Winters sanken die N_{min}-Gehalte in dem unbewachsenen Boden ab, eine Folge der Auswaschung in tiefere Bodenschichten. Im Februar bzw. März war bei allen Varianten der größte Teil des mineralischen Stickstoffs in den Bodenschichten 30-60 cm und 60-90 cm zu finden, während im Dezember der meiste N_{min}-Stickstoff in der obersten Schicht vorlag. Diese Verlagerung von Stickstoff in tiefere Bodenschichten war neben der N-Aufnahme durch die Pflanzen ein weiterer Grund für die Reduzierung der N_{min}-Gehalte. Generell lagen in allen Versuchsperioden die N_{min}-Gehalte im Zeitraum Versuchsbeginn bis Anfang Dezember mit Werten bis zu 120 kg/ha auf einem sehr hohen Niveau und deutlich über dem aus Wasserschutzgründen empfohlenen Richtwert von 50 kg N_{min}-N/ha. Hier macht sich zum einen das hohe Nachlieferungspotenzial der Versuchsstandorte bemerkbar, zum anderen zeigt sich hier die Notwendigkeit, das N-Management auf den Betrieben im Rahmen der Fruchtfolgegestaltung zu verbessern, um die N_{min}-Werte im Herbst zu verringern und wertvollen Stickstoff zu konservieren.

Im Laufe des Frühjahrs sanken die N_{min}-Gehalte im Boden bis zur Ernte der Erstkulturen Ende Mai. Dabei lagen nach der Ernte der Erstkulturen die N_{min}-Werte im Boden nach dem Gemenge niedriger als nach den Wintererbsen. Zugleich waren die Stickstoffgehalte im Erntegut bei den Wintererbsen höher als bei dem WE/Ro-Gemenge (Kap. 5.1). Dieser Unterschied betrug in den verschiedenen Versuchsjahren 40 bis 60 kg/ha. Insgesamt lagen bei den Wintererbsen höhere Mengen an pflanzenverfügbarem Stickstoff vor als bei dem Gemenge. Dies ist auf die Stickstofffixierung durch die Wintererbsen zurückzuführen, die bei Reinsaat aufgrund der doppelten Pflanzenzahl höher ist als im Gemengeanbau (WICHMANN et al., 2002). Da Erbsen bis zu 80 % ihres N-Bedarfs durch die Fixierung decken (MAKOWSKI, 2000), ist die Aufnahme des bodenbürtigen Stickstoffs entsprechend geringer als bei dem Gemenge. Dennoch fand eine Absenkung der N_{min}-Gehalte im Laufe des Frühjahrs statt. Eine Auswaschung dieses Stickstoffs ist aufgrund der im Folgenden diskutierten N-Dynamik bei der Folgefrucht Mais nahezu ausgeschlossen. Wahrscheinlicher ist der vorübergehende Einbau des mineralisierten Stickstoffs in die mikrobielle Biomasse, die in ständiger Konkurrenz mit den Pflanzen um diesen Stickstoff steht. Diese mikrobielle Biomasse fungiert nach OLFS et al. (1991) als N-Speicher; der dadurch gebundene Stickstoff wird durch Transformationsprozesse im Laufe der Vegetationsperiode wieder freigesetzt. Nach JOERGENSEN (1996) führen diese Transformationsprozesse zum einen zu Abbauprodukten der mikrobiellen Biomasse (= mikrobielle Residualmasse), die pflanzenverfügbaren Stickstoff enthalten und zum anderen trägt das Absterben dieser mikrobiellen Biomasse (= mikrobielle Nekromasse) selbst zur Mobilisierung

von Stickstoff bei, den die Pflanzen aufnehmen können. Eine weitere Stickstoffquelle nennen MAYER et al. (2003), die den direkten Einfluss von Körnerleguminosen auf die N-Dynamik in Form von N-haltigen Rhizodepositionen beschreiben, die in der mikrobiellen Residualmasse vorübergehend gespeichert werden und in der organischen Fraktion des Bodens vorliegen. Während der ständig im Boden ablaufenden Transformationsprozesse werden auch diese N-Verbindungen wieder freigesetzt und können von Folgekulturen aufgenommen werden. Diese Annahmen werden durch die N-Dynamik bei der Zweitkultur Mais in den einzelnen Versuchsjahren belegt, die beispielhaft an den Ergebnissen aus dem Untersuchungszeitraum 1999/2000 diskutiert wird.

Wie in Kap. 5.6.2 dargestellt ist, waren zur Maissaat mit 23 kg/ha nach WE und 17 kg/ha nach dem WE/Ro-Gemenge geringe N_{min}-Mengen im Boden vorhanden. Nach der Saat benötigt der Mais über einen relativ langen Zeitraum während seiner Jugendentwicklung nur geringe Mengen an Stickstoff, wie Tab. 39 zu entnehmen ist.

Tab. 39: Zeitlicher Verlauf der Nährstoffaufnahme bei Mais in % der Gesamtaufnahme (INRA, zit. in Fritsch, 1999).

Stadium	**Code**	**N**	**P_2O_5**	**K_2O**
Aufgang bis 8. Blatt	10-25	2	1	4
(8. Blatt bis Eintrocknen der Nabenfäden)	26-77	85	73	96
Kolbenreife	79-85	13	26	0

Bei der Vergleichsvariante „Silomais in Hauptfruchtstellung“ wurde die Zwischenfrucht vor der Maissaat umgebrochen, was zu einem Mineralisationsschub und - mit über 80 kg/ha - deutlich höheren N_{min}-Gehalten zur Maissaat führte (Abb. 32). Auch in der Folgezeit nach der Saat fand eine schnelle und hohe N-Mineralisierung statt, die zu einem N_{min}-Gehalt von 125 kg/ha Ende Mai führte. Der Mais der Vergleichsvariante befand sich zu diesem Zeitpunkt im EC-Stadium 22, wo der N-Bedarf noch relativ gering ist. Es dauerte noch weitere drei Wochen bis die Phase der höchsten N-Aufnahme einsetzte (Tab. 23). In dieser Zeit besteht vor allem auf durchlässigen Böden bzw. bei hohen Niederschlägen die Gefahr der N-Verlagerung in tiefere Bodenschichten bis hin zum Austrag in das Grundwasser (MAIDL und FISCHBECK, 1989). Die Direktsaat wirkt dieser Problematik entgegen. Nach NEUBAUER und KOHLS (1994)

erfolgt nach konservierender Bodenbearbeitung eine gleichmäßige N-Nachlieferung, die solch hohe N_{min}-Gehalte nach der Saat verhindert. Dies wird durch den Verlauf der N-Dynamik in den Untersuchungen dieser Arbeit bestätigt: Vier Wochen nach der Gülledüngung bzw. acht Wochen nach der Saat Ende Juli befand sich bei den Hauptvarianten der Mais im Entwicklungsstadium 26 (Tab. 23), wo er sich in der Phase der höchsten N-Aufnahmerate innerhalb kurzer Zeit befindet (Tab. 39). Bis zu diesem Zeitpunkt ist bei der WE 80-Variante der N_{min}-Gehalt im Boden auf über 100 kg/ha angestiegen, zugleich hatten die Maispflanzen bereits 70 kg N/ha aufgenommen. In diesen acht Wochen sind also ca. 100 kg Stickstoff je ha (Gesamtmenge an pflanzenverfügbarem Stickstoff abzgl. des pflanzenverfügbaren Güllestickstoffs) bei dieser Variante aus der organischen Substanz im Laufe der beschriebenen Umsetzungsprozesse mineralisiert worden. Bis zur Maisernte im Oktober stieg die Gesamtmenge an pflanzenverfügbarem Stickstoff nur noch leicht an. Dieser pflanzenverfügbare Stickstoff lag dann mit 172 kg/ha zum allergrößten Teil in den Pflanzen vor und im Boden befanden sich noch 15 kg N_{min}-N/ha (Abb. 33). Bei den anderen Hauptvarianten verlief die N-Dynamik ähnlich, allerdings auf einem niedrigeren Niveau, was sich in den signifikant niedrigeren Maiserträgen und den niedrigeren N-Gehalten in den Pflanzen widerspiegelte.

Nach der Ernte lagen die N_{min}-Gehalte bei allen Varianten auf einem sehr niedrigen Niveau. Bei der Vergleichsvariante war der Wert mit 32 kg/ha aber signifikant höher als bei den Hauptvarianten. Bis zum Dezember stiegen die N_{min}-Gehalte wieder an und lagen sowohl nach WE-Vorfrucht und N-Düngung als auch bei der Vergleichsvariante signifikant höher als bei der Variante mit WE-Vorfrucht ohne N-Düngung bzw. allen Varianten mit Gemengevorfrucht. Hier könnte sich eine Folgewirkung der WE-Vorfrucht und der Gülledüngung andeuten, die im Rahmen der Fruchtfolge weiteren Folgekulturen zugute kommt. Aus betrieblichen Gründen lag der Boden nach der Maisernte brach. Eine Folgefrucht (z.B. Winterweizen) hätte diesen Stickstoff nutzen können. Hier zeichnet sich weiterer Forschungsbedarf über die ökologischen und ökonomischen Folgen einer Integration des Anbausystems in eine Fruchtfolge ab.

In den anderen Versuchsjahren verlief die N-Dynamik bei Mais in ähnlicher Weise wie im diskutierten Zeitraum 1999/2000. Dabei gab es Abweichungen hinsichtlich der Höhe der N-Mengen in den Pflanzen und der N_{min}-Gehalte, die mit den unterschiedlichen Maiserträgen korrelieren. Eine Ausnahme bildet der Zeitraum 2000/2001 auf dem konventionellen Standort Meierbreite, da dort auch nach der Maisernte mit bis zu 86 kg N_{min}-N/ha aus Sicht des Gewässerschutzes zu hohe N_{min}-Gehalte vorlagen. Diese sind im Zusammenhang mit dem be-

reits beschriebenem hohen Nachlieferungspotenzial des Standortes und der dort angebauten Vorfrucht Raps zu sehen. Auf diesem Schlag ist ein optimiertes N-Management notwendig.

Insgesamt zeigte sich in allen Versuchsjahren, dass bei dem neuen Anbausystem die N_{min}-Gehalte im Boden zu den Zeitpunkten erhöhter Auswaschungsgefahr auf einem niedrigen Niveau lagen. Zugleich wurde durch die Vorfrucht Wintererbse weiterer Stickstoff in das System geholt, der trotz Ernte des oberirdischen Aufwuchses der Erbsen zu einer Ertrags- und Qualitätssteigerung beim Mais führte. Der vorübergehend organisch gebundene Stickstoff wurde bedarfsgerecht für den Mais mineralisiert. **Damit wird Arbeitshypothese 3 bestätigt: Die Stickstoffversorgung wird bedarfsgerecht optimiert, zugleich wird über einen ganzjährigen Nährstoffentzug die Gefahr der Stickstoffauswaschung reduziert.**

6.5 Unkrautentwicklung, Bodenbearbeitung und Erosionsschutz

Der Silomaisanbau ist bei herkömmlichen Anbausystemen häufig mit der Gefahr der Bodenerosion verbunden (LÜTKE ENTRUP und ZERHUSEN, 1992). Diese Gefahr besteht besonders vor der Maisaat, wenn der Boden ab der Ernte der Vorfrucht bis zur Maissaat brachliegt. Auch nach der Maissaat kann es zu Bodenerosion kommen, da der Mais aufgrund seiner langsamen Jugendentwicklung erst spät eine bodenschützende Wirkung entfalten kann. Daher wird der Maisanbau im Ökologischen Landbau bisher besonders kritisch betrachtet (HEß und GRAß, 2001). Viele Maßnahmen, die zur Verringerung bzw. Vermeidung der Bodenerosion beitragen (Zwischenfruchtanbau, reduzierte Bodenbearbeitung, Untersaaten), wirken sich hinsichtlich anderer Parameter (Ansprüche des Mais an Wärme und Nährstoffversorgung, Unkrautregulierung) oft eher negativ aus (Kap. 2). Mit dem in dieser Arbeit vorgestellten Anbausystem soll ein ganzjähriger Erosionsschutz mit den Ansprüchen des Mais hinsichtlich der Bodentemperatur in Einklang gebracht werden, so dass keine negativen Ertragseffekte entstehen.

Mit der Aussaat der Erstkulturen Wintererbsen bzw. des Wintererbsen-Roggengemenges Ende September wird über Winter ein bodenschützender Bestand etabliert. Diese Erstkulturen bleiben bis Ende Mai auf dem Feld stehen, so dass während dieser Zeit ein sehr guter Erosionsschutz gewährleistet ist, wie er generell für den Zwischenfruchtanbau vor der Maissaat beschrieben wird (STEMANN und LÜTKE ENTRUP, 1991; LÜTKE ENTRUP und ZERHUSEN, 1992). Die reduzierte Bodenbearbeitung (Mulch- bzw. Direktsaat) nach Zwischenfruchtanbau ist zur Maissaat eine sehr gute Maßnahme für den Erosionsschutz (AUERSWALD und KAINZ, 1989; LÜTKE ENTRUP und ZERHUSEN, 1992; KORNMANN und KÖLLER, 1997; TEBRÜGGE,

2000). Durch die Direktsaat bleibt das Bodengefüge vollständig erhalten, wodurch das Bodenleben gefördert und die Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens erhöht wird (CHERVET et al., 2003). Die Pflanzenreste der Zwischenfrucht reduzieren den oberflächigen Wasserabfluss und vermindern die Gefahr der Winderosion. Mit der reduzierten Bodenbearbeitung bis hin zur Direktsaat nach abfrierenden oder winterharten Zwischenfrüchten ist aber häufig das Problem verbunden, dass Unkräuter, die in der Mulchschicht heranwachsen, bzw. die winterharten Zwischenfrüchte selbst für den Mais eine große Konkurrenz darstellen, wenn diese wieder austreiben (SOMMER und BRUNOTTE, 1995, KORNMANN und KÖLLER, 1997). Auf eine solche Konkurrenz reagiert der Mais sehr empfindlich. Im konventionellen Landbau wird daher i.d.R. eine Herbizidspritzung mit der reduzierten Bodenbearbeitung kombiniert (LÜTKE ENTRUP und ZERHUSEN, 1992; ACKERMANN, 2002), die mit zusätzlichen Kosten verbunden ist. Im Ökologischen Landbau ist dies ohnehin nicht möglich. PEKRUN et al. (2003) kamen in ihren Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass die mit der reduzierten Bodenbearbeitung verbundenen Vorteile nicht die pflanzenbaulichen Nachteile besonders hinsichtlich des hohen Unkrautbesatzes ausgleichen können und empfehlen daher den Pflugeinsatz. Dagegen spricht die Forderung von AUERSWALD und KAINZ (2003) nach einer Verbesserung des Erosionsschutzes im Ökologischen Landbau. Im ökologischen Maisanbau wird für eine erfolgreiche Unkrautregulierung besonders nach Zwischenfruchtanbau eine Frühjahrspflugfurche empfohlen, der bis zur Maissaat eine intensive Bodenbearbeitung durch Eggen folgt, um schon zu diesem Zeitpunkt möglichst viele Unkräuter zu bekämpfen (BENKE und MARTENS, 2001; DEBRUCK 2001). Auch nach der Saat wird durch mehrfaches Striegeln und Hacken (HUNTGEBURTH, 1999; DEBRUCK, 2001) der Boden ständig bearbeitet und damit die Gefahr der Bodenerosion vergrößert.

Die Wintererbsen als Vorfrucht zu Mais entwickeln im Frühjahr einen sehr dichten und üppigen Pflanzenbestand, der andere Pflanzen unterdrückt. Dies ist anhand der Boniturergebnisse des Unkrautbesatzes (Kap. 5.5) in dieser Arbeit deutlich belegt worden. Während Anfang April der Unkrautbesatz mit bis zu 40 % relativ hoch war, lag er Ende April bei nur noch 10 %. In diesem Zeitraum entwickeln die Erbsen ein starkes Massenwachstum, das sich im Mai fortsetzt. Nach der Erbsenernte Ende Mai hinterlassen die Erbsen für den Mais einen nahezu unkrautfreien Acker. Aufgrund der unterlassenen Bodenbearbeitung bei der Direktsaat werden keine weiteren Unkrautsamen zur Keimung angeregt (STEINERT, 2001), so dass der Mais ohne große Konkurrenz durch andere Pflanzen heranwachsen kann. Dadurch besteht keine Notwendigkeit für die in der Literatur häufig geforderte intensive Bodenbearbeitung und es

wird auch nach der Maissaat ein guter Erosionsschutz erzielt. Das Wintererbsen-Roggengemenge hatte keine so ausgeprägte Unterdrückungswirkung auf andere Pflanzen wie die Erbsen, was sich in den deutlich höheren Unkrautbesatzdichten zeigte (Kap.5.5). Dies machte sich auch im Mais bemerkbar, wo nach Gemengevorfrucht bis zu dreimal so hohe Unkrautdeckungsgrade wie nach WE-Vorfrucht bonitiert wurden. Ein weiterer Vorteil der Wintererbsen ist, dass sie nach der Ganzpflanzernte Ende Mai nicht wieder austreiben, während der Roggen auch noch nach der Ernte während der Blüte teilweise wieder austreibt und für den Mais eine Konkurrenz darstellt. Dadurch stieg der Aufwand für die Unkrautregulierung, da nach Gemengevorfrucht zusätzlich mit der Hand in der Reihe gehackt werden musste, was zu einer Erhöhung der Produktionskosten führte (Kap. 5.7). Bei der Vergleichsvariante wurde zur Maissaat gepflügt und die Unkrautregulierung in der Art und Weise vorgenommen, wie sie in der Literatur häufig empfohlen wird (HUNTGEBURTH, 1999; DEBRUCK, 2001). Es war hier ein bis zu vier mal höherer Unkrautbesatz festzustellen als in dem Mais nach WE-Vorfrucht (Kap. 5.5). Ferner war bei dieser Variante nach der Maissaat kein Erosionsschutz vorhanden. Dies führte im Versuchsjahr 2000 bei einem Starkregenereignis Anfang Juni zu erheblicher Bodenerosion bei dieser Variante, während bei dem direkt gesäten Mais nur sehr geringe Erosionserscheinungen auftraten. Die Direktsaat von Mais nach Wintererbsenvorfrucht bewirkte also neben der bodenschützenden Wirkung eine Reduzierung des Unkrautbesatzes und verringerte den Aufwand für die Unkrautregulierung. Auf die ökonomische Auswirkung wird in Kap. 6.6 eingegangen.

Ein weiterer Grund für die im Ökologischen Landbau weit verbreitete Frühjahrspflugfurche ist die damit verbundene höhere Bodentemperatur, die eine schnelle Keimung der Maiskörner und eine raschere Jugendentwicklung fördert (BENKE und MARTENS, 2001). Durch reduzierte Bodenbearbeitung erfolgt die Bodenerwärmung langsamer und es kann zu einer schlechteren Auflaufrate und einer langsameren Entwicklung der Pflanzen kommen (PAPESCH und STEINERT, 1998). Bei den Feldversuchen mit Direktsaat zu dieser Arbeit lag die Auflaufrate bei Direktsaat Ende Mai mit durchschnittlich 99 % auf demselben Niveau wie bei herkömmlicher Saat nach Pflugfurche. Bis zur Direktsaat Ende Mai hat schon eine deutliche Bodenerwärmung stattgefunden, die ein schnelles Keimen der Maiskörner fördert. Dies zeigt sich auch bei den Boniturdaten der Maisentwicklung (Kap. 5.4), wo der Mais bei allen Varianten von der Saat bis zum Auflaufen nahezu die gleiche Zeitspanne benötigte, so dass die Direktsaat keinen Nachteil darstellte.

Dass die Direktsaat sich nicht negativ auf den Silomaisertrag auswirkte, wurde bereits in Kap. 6.1 diskutiert und wird durch Ergebnisse von KORNMANN und KÖLLER (1997) bestätigt. Auch GUTSER und MANHART (1993) stellten bei reduzierter Bodenbearbeitung, wenn überhaupt, nur ein geringes Anbaurisiko für den Mais aufgrund einer verzögerten Jugendentwicklung fest. TERBRÜGGE (2000) beschreibt für Direktsaatverfahren ebenso keine Ertragsnachteile. **Damit wird Arbeitshypothese 4 bestätigt: Durch den Anbau von zwei Kulturen in einem Jahr und die Direktsaat von Mais wird ein ganzjähriger Erosionsschutz ohne Beeinträchtigung des Maisertrags erzielt.**

Zugleich wird Arbeitshypothese 5 bestätigt: Der Aufwand für die Unkrautregulierung wird reduziert.

Andere Ergebnisse hinsichtlich der Direktsaat im Ökologischen Landbau beschreiben STEINERT (2001) und NEUMANN et al. (2003), wo im sogenannten Bicropping-Verfahren Getreide in intakte Leguminosenbestände gesät wurde. In allen Untersuchungen führte dieses Verfahren zu z.T. erheblichen Ertragsrückgängen beim Getreide, was v.a. mit der starken Konkurrenz durch die Leguminosen bzw. durch Unkräuter zusammenhing. Daher erscheint dieses Verfahren für den Mais ungeeignet zu sein, da dieser während seiner Jugendentwicklung besonders empfindlich auf Konkurrenz durch andere Pflanzen reagiert. KAINZ et al. (2003) beschreiben ebenfalls Ertragsrückgänge bei konservierender Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau, konnten diese aber vermindern, wenn im Rahmen der Fruchtfolgegestaltung konventionelle mit konservierenden Bearbeitungssystemen kombiniert wurden. PICKERT (2002) stellte bei Mulchsaat von Mais nach winterharter Zwischenfrucht einen Ertragsrückgang fest, der auf den Wasserentzug durch die winterharte Zwischenfrucht zurückgeführt wurde. Dadurch war die Wasserversorgung des Mais auf dem leichten Standort ungenügend. Dies ist ein Aspekt, der auch für das in dieser Arbeit vorgestellte Anbausystem von Bedeutung ist: Für den Anbau von zwei Kulturen in einem Jahr muss eine ausreichende Wasserversorgung gewährleistet sein. Die z.T. widersprüchlichen Aussagen zur reduzierten Bodenbearbeitung zeigen, dass hierzu im Ökologischen Landbau noch erheblicher Forschungsbedarf besteht. Mit dem Anbausystem „Direkt- und Spätsaat von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht“ ist ein Anbausystem entwickelt worden, mit dem eine erfolgreiche Direktsaat im Ökologischen Landbau eindeutig möglich ist.

6.6 Betriebswirtschaftliche Berechnungen

Für die Verbreitung innovativer Anbausysteme ist ihre ökonomische Auswirkung im Vergleich zu herkömmlichen Anbausystemen von großer Bedeutung. Dazu wurde die Deckungsbeitragsrechnung für die Varianten mit 80 kg N-Düngung je ha (bzw. 60 kg in 2002) durchgeführt. Dabei wurde bei jeder Variante der Deckungsbeitrag sowohl für das gesamte Fruchtfolgeglied (Erst- und Zweitkultur) als auch separat nur für den Maisanbau berechnet.

In jedem Versuchsjahr war bei der Variante mit Wintererbsenvorfrucht der höchste Deckungsbeitrag zu verzeichnen gewesen. Bei dieser Variante wurde außer im Jahr 2002 immer der höchste Gesamtertrag erzielt und zugleich fielen die geringsten Kosten an. Bei der WE/Ro-Variante führte der für die Unkrautregulierung notwendige Einsatz der Handhacke zu einer starken Erhöhung der Kosten. Der Handhackeneinsatz kostete 225 €/ha (Tab. A3-A22 im Anhang) und wirkte sich negativ auf den Deckungsbeitrag aus. Der positive Vorfruchtwert der Wintererbsen hinsichtlich der Unkrautunterdrückung macht sich demnach auch ökonomisch bemerkbar, indem er zur Reduzierung der variablen Produktionskosten beiträgt.

Bei der Vergleichsvariante entstanden die höheren Kosten ebenfalls durch die aufwändigere Unkrautregulierung. Hinzu kommt, dass den Kosten für den Zwischenfruchtanbau kein Ertrag gegenübersteht, so dass diese Kosten dem Produktionsverfahren „Silomais“ in voller Höhe angerechnet werden müssen. Wie stark sich das auswirkt, lässt sich gut im Untersuchungszeitraum 2000/2001 ablesen, wo bei der Vergleichsvariante keine Zwischenfrucht angebaut wurde. In diesem Jahr betrugen die Kosten in der Deckungsbeitragsberechnung 519 €/ha, während sie in den anderen Jahren mit Zwischenfruchtanbau 833 €/ha betrugen. Mit dem Zwischenfruchtanbau sind allerdings die Vorteile des Erosionsschutzes und der verringerten Nährstoffauswaschung über Winter verbunden, die aber (noch) nicht monetär bewertet werden. Ohne den Zwischenfruchtanbau waren bei der Vergleichsvariante entsprechend die anderen Kenngrößen der Deckungsbeitragsberechnung günstiger einzustufen: Die Kosten für eine Energieeinheit (1 MJ) betrugen 0,54 €-Cent während sie mit Zwischenfruchtanbau mit 1,05 € fast doppelt so hoch waren (Kap. 5.7). Daher ist es nicht verwunderlich, dass der Zwischenfruchtanbau in der landwirtschaftlichen Praxis nur begrenzt Anwendung findet.

Beim Vergleich der Kosten je MJ schnitt ebenfalls die WE-Variante in jedem Versuchsjahr am besten ab: Die Kosten blieben immer unter 0,5 €-Cent je erzeugter MJ und lagen in 2001/2002 nur bei 0,4 €-Cent/MJ. BECKMANN und KOLBE (2002) geben je erzeugter MJ Kosten in Höhe von 1,8 bis 2,7 €-Cent an. Allerdings lassen sich diese Werte nur bedingt vergleichen, da unterschiedliche Prämien und Kostenberechnungen zu Verzerrungen führen. Die

Direktsaat bei der WE- und bei der WE/Ro-Variante wirkten sich zusätzlich kostensenkend aus. Bei der Maisbestellung im Direktsaatverfahren entstanden variable Maschinenkosten von 22,25 €/ha und es wurden 1,3 Arbeitskraftstunden (Akh) je ha benötigt. Bei der Vergleichsvariante nach Zwischenfruchtanbau waren dies für die Maissaat mit Pflügen und Saatbettbereitung 5,9 Akh und die Kosten lagen bei 82,08 €/ha. Auch hier gilt, dass das neue Anbausystem mit seiner bodenschützenden Wirkung das kostengünstigere ist. Damit werden Ergebnisse von KORNMANN und KÖLLER (1997) bestätigt, die für die reduzierte Bodenbearbeitung ebenso wie SOMMER und BRUNOTTE (1995) Kostenvorteile ermittelten. STEINERT (2002) beziffert die Kosteneinsparung durch reduzierte Bodenbearbeitung sogar auf 160 €/ha.

Diese reduzierten Aussaatkosten machen sich auch bemerkbar, wenn nur die Kosten des Maisanbaus verglichen werden, also sowohl Anbau als auch Ertrag der Erstkulturen bzw. der Zwischenfrucht unberücksichtigt bleiben. Durch die Direktsaat wurden die variablen Maschinenkosten um 68 €/ha im Vergleich zur herkömmlichen Saatbettbereitung reduziert. Bei der WE/Ro-Variante lagen die Kosten aufgrund des Handhackeneinsatzes entsprechend höher als bei der WE-Variante. Die geringeren Aussaatkosten führten im Jahr 2000 bei nahezu gleichen Maiserträgen dennoch zu niedrigeren Kosten bei der WE/Ro-Variante als bei der Vergleichsvariante. In 2002 hingegen waren bei der WE/Ro-Variante die Kosten höher als bei der Vergleichsvariante, wenn nur der Maisanbau betrachtet wird. Hier machte sich der signifikant höhere Maisertrag der Vergleichsvariante bemerkbar. Wenn allerdings der Gesamtflächenertrag betrachtet wird (Tab. 36), dann waren auch in 2002 die Kosten je MJ bei der WE/Ro-Variante etwas geringer. Am besten schnitt immer auch bei dem alleinigen Vergleich der Maiserträge die WE-Variante ab, da bei dieser keine Handhacke zur Unkrautregulierung eingesetzt werden musste. Die dadurch eingesparten Arbeitskraftstunden führten neben den höheren Energieerträgen auch zu den deutlich höheren Gesamtenergieerträgen je eingesetzter Akh bei dieser Variante.

Trotz des um 26 dt TM/ha höheren Maisertrags bei der Vergleichsvariante im Untersuchungszeitraum 2001/2002 lag der Deckungsbeitrag bei der WE-Variante um fast 300 €/ha höher. Hier hat sich wiederum die Kosteneinsparung durch die Direktsaat und der geringere Aufwand für die Unkrautregulierung bemerkbar gemacht. Die damit verbundene Einsparung an Arbeitskraftstunden führte ferner zu einer z.T. deutlichen Erhöhung des Gesamtenergieertrags je Akh.

Insgesamt wurde durch die Deckungsbeitragsberechnung belegt, dass mit dem Anbauverfahren „Direkt- und Spätsaat von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht“ höhere Deckungsbeiträ-

ge aufgrund deutlich reduzierter Kosten erzielt werden können. Dadurch sinken die Kosten je produzierter Energieeinheit und es steigt der Energieertrag je Arbeitskraftstunde. Zugleich wird damit dem in Kap. 22 dargestellten Problem entgegengewirkt, dass Maßnahmen zum Erosionsschutz i.d.R. mit höheren Kosten verbunden sind und deshalb in der Praxis nur wenig Anwendung finden. Im Gegenteil führen die Bodenschutzmaßnahmen in dem neuen Anbausystem zu Kosteneinsparungen und erhöhen damit die Rentabilität.

Damit wird Arbeitshypothese 6 bestätigt: Durch die Direktsaat von Mais und den reduzierten Aufwand bei der Unkrautregulierung sinken die Produktionskosten und es steigt der Deckungsbeitrag.

Bei den Berechnungen wurde noch nicht der über die oberirdische Biomasse der Wintererbsen produzierte Stickstoff in Höhe von 140 kg/ha berücksichtigt. Durch diesen zusätzlichen monetären Erlös würden sich die Kosten entsprechend noch weiter reduzieren.

6.7 Schlussfolgerung

Mit dem Anbausystem „Direkt- und Spätsaat von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht“ ist es möglich, Umweltgefährdungen und Anbauprobleme im Silomaisanbau, wie sie in Kap. 1 dargestellt worden sind, wirksam zu reduzieren. Zugleich werden durch ein optimiertes Stickstoffmanagement und den Anbau der Leguminose Wintererbse Silomaiserträge wie bei herkömmlichen Anbausystemen erzielt. Darüber hinaus wird mit der Ernte von zwei Kulturen in einem Jahr der Gesamtertrag pro Fläche erhöht. Die mit dem Anbau der Wintererbsen als Vorfrucht zu Mais und der Maisdirektsaat ergriffenen Maßnahmen führen zur Senkung der Produktionskosten, da durch die Direktsaat die Aussaatkosten reduziert werden und durch die Unterdrückungswirkung der Wintererbsen der Aufwand für die Unkrautregulierung vermindert wird. Zusätzlich wird der Arbeitsaufwand für den Silomaisanbau gesenkt. Damit unterscheiden sich diese Maßnahmen von bisherigen Strategien zur Reduzierung von Umweltgefährdungen bzw. Anbauproblemen, da diese i.d.R. mit zusätzlichen Kosten verbunden sind und zu neuen Problemen führen bzw. den Ansprüchen des Maises zuwiderlaufen (Kap. 2).

Die neuartige Kombination von bewährten acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen zur Lösung der Problematik bietet eine große Chance für eine Einführung und Verbreitung in der landwirtschaftlichen Praxis. Denn für die Umsetzung sind keine neuen Techniken oder Kenntnisse notwendig. Ferner werden mit dem Anbau der Wintererbsen die Artenvielfalt erhöht und die Möglichkeiten der Fruchtfolgegestaltung ausgeweitet. Für die angestrebte Ausweitung des Ökologischen Landbaus ist die Entwicklung solcher innovativer Anbausysteme

dringend notwendig, um Umweltgefährdungen und Anbauprobleme zu reduzieren und zugleich den Landwirten und Landwirtinnen ein adäquates Einkommen aufgrund guter Erträge zu ermöglichen. Solche, für den Ökologischen Landbau konzipierten Anbausysteme können aufgrund der genannten Vorteile Eingang in den konventionellen Landbau finden und zu dessen Ökologisierung beitragen. Die Möglichkeit des kombinierten Anbaus von Energie- und Futterpflanzen trägt zu einer breiteren Wertschöpfungsbasis bei und bietet der Landwirtschaft mit einer ökologisch verträglichen Energiewirtschaft einen neuen Betriebszweig.

7 Zusammenfassung

Über einen Zeitraum von vier Vegetationsperioden wurde in Feldversuchen ein neues Anbausystem für Silomais untersucht, das die Reduzierung von Umweltgefährdungen und Anbauproblemen bei gleichzeitiger Optimierung der Erträge zum Ziel hat und keine zusätzlichen Kosten verursachen soll. Dieses Anbausystem ist im Rahmen des Zweikulturnutzungssystems konzipiert worden und beinhaltet den Anbau von zwei Kulturen im Laufe eines Jahres. Als Erstkultur wurde eine Wintererbse (WE) Ende September entweder in Reinsaat oder im Gemenge mit Roggen (WE/Ro) ausgesät. Diese Erstkulturen wurden Ende Mai als Ganzpflanzen zum Zeitpunkt der Blüte geerntet und als Ganzpflanzensilage konserviert. Im Anschluss wurde im Direktsaatverfahren als Zweitkultur der Silomais in die Stoppel der Erstkultur gesät. Durch Anbau einer spätsaatverträglichen Maissorte (cv. *Probat*) sollte dabei neben einem guten Ertrag eine gute Futterqualität erzielt werden.

Als Vergleichsvariante wurde Silomais nach Winterzwischenfrucht mit Frühjahrspflugfurche und Aussaat Ende April/Anfang Mai entsprechend herkömmlicher Anbauverfahren untersucht. Bei den Erstkulturen wurde der Ganzpflanzenertrag festgestellt und bei allen Varianten der Silomaisertrag ermittelt. Ferner wurde die N-Dynamik im System Boden-Pflanze erfasst und die Unkrautentwicklung bei den Erstkulturen und bei Silomais bonitiert.

Für die Einführung innovativer Anbausysteme aus der Forschung in die landwirtschaftliche Praxis ist deren ökonomische Auswirkung von besonderer Bedeutung. Daher wurde für die verschiedenen Varianten eine Deckungsbeitragsberechnung durchgeführt.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Mit der ganzjährigen Bodenbedeckung durch den Anbau von zwei Kulturen in einem Jahr und mit der Direktsaat wird ein ganzjähriger Erosionsschutz erzielt.
2. Die Wintererbsen erbrachten Ende Mai Ganzpflanzenerträge zwischen 54 und 58 dt TM/ha bei einer durchschnittlichen N-Menge von 145 kg/ha im Aufwuchs. Der Ertrag des Wintererbsen-Roggengemenges lag mit Werten zwischen 60 und 70 dt TM/ha höher, die N-Menge im Aufwuchs betrug durchschnittlich 102 kg /ha.
3. Nach Wintererbsenvorfrucht wurden signifikant höhere Maiserträge mit einer etwas besseren Futterqualität als nach der Gemengevorfrucht erzielt. Die Maiserträge nach WE-Vorfrucht und einer N-Düngung von 80 kg/ha über Gülle lagen mit Werten zwischen 130 und 155 dt TM/ha auf demselben Niveau wie bei herkömmlichen Anbau-

systemen. Die Futterqualität entsprach mit durchschnittlich 6,5 MJ NEL/kg TM ungefähr dem Wert der Vergleichsvariante. Bei geringerer bzw. keiner N-Düngung nach WE-Vorfrucht und bei den Varianten mit Gemengevorfrucht waren die Maiserträge signifikant niedriger. Nach WE-Vorfrucht war eine N-Düngung von 40 kg/ha über Gülle nicht ertragswirksam.

4. Die Ernte von zwei Kulturen in einem Jahr führte zu Gesamterträgen bis über 200 dt TM/ha und Jahr. Der Gesamtertrag war in jedem Versuchsjahr bei allen Varianten, auch ohne zusätzliche N-Düngung, signifikant höher als bei der Vergleichsvariante.

5. Mit der ganzjährigen Bodenbedeckung findet ein ganzjähriger Nährstoffentzug statt. Die N_{min}-Gehalte im Boden lagen zu den Zeitpunkten erhöhter Auswaschungsgefahr bei allen Varianten des Zweikulturnutzungssystems auf einem niedrigen Niveau. Bei der Vergleichsvariante fand nach der Frühjahrspflugfurche ein starker Mineralisationsschub statt, der zu hohen N_{min}-Gehalten nach der Saat führte. Die Maispflanzen sind zu diesem Zeitpunkt noch nicht in der Lage, hohe Mengen an Stickstoff aufzunehmen. Daher könnte dieser vor allem auf leichten Standorten in tiefere Bodenschichten verlagert werden. Nach der Maisernte waren die N_{min}-Gehalte bei der Vergleichsvariante etwas höher als bei den anderen Varianten mit Ausnahme der Variante mit WE-Vorfrucht und 80 kg N-Düngung je ha, die auf ungefähr gleichem Niveau lag.

   Mit dem Anbau der Wintererbsen wird über die N_2-Fixierungsleistung der Leguminosen zusätzlich Stickstoff in das System geholt. Trotz Ernte des Erbsenaufwuchses wird durch Mineralisationsprozesse von den Erbsen hinterlassener, organisch gebundener Stickstoff freigesetzt und steht dem Mais zur Ernährung zur Verfügung. Diese Stickstoffmenge war bei Erbsenreinsaat größer als nach Gemengeanbau, was sich in den signifikant höheren Silomaiserträgen und den höheren N-Gehalten im Erntegut niederschlug.

   Die Stickstoffdynamik wurde dahingehend optimiert, dass die Gefahr der N-Auswaschung effektiv reduziert und zugleich der Silomaisertrag durch die positive Vorfruchtwirkung der Erbsen hinsichtlich der Menge an pflanzenverfügbarem Stickstoff erhöht wurde.

6. Bei den Wintererbsen war aufgrund ihrer Unterdrückungswirkung ein deutlich niedrigerer Unkrautdruck zu verzeichnen als bei dem Gemenge. Dies wirkte sich auf die Unkrautdynamik im nachfolgenden Mais aus. Der Unkrautbesatz war nach WE-

Vorfrucht i.d.R. nicht einmal halb so hoch wie nach Gemengevorfrucht, was zu einem reduzierten Aufwand für die Unkrautregulierung führte, so dass nach WE-Vorfrucht zweimaliges Hacken zwischen den Reihen für eine erfolgreiche Unkrautregulierung ausreichte. Bei der Vergleichsvariante war der Unkrautdruck ebenfalls höher als nach WE-Vorfrucht, z.T. höher als bei den Varianten mit Gemengevorfrucht, so dass der Aufwand für die Unkrautregulierung dementsprechend ebenfalls höher war.

7. Der höchste Deckungsbeitrag wurde bei den Varianten mit WE-Vorfrucht erzielt. Neben dem höheren Maisertrag im Vergleich zum Mais nach Gemengevorfrucht führte der geringere Aufwand für die Unkrautregulierung zu niedrigeren Kosten. Die deutlich kostengünstigere Direktsaat senkte ebenfalls die Kosten im Vergleich zur Frühjahrspflugfurche mit Saatbettbereitung bei der Vergleichsvariante. Die Nutzung von zwei Kulturen mit dem entsprechenden Gesamtflächenertrag führte zu einer weiteren Erhöhung des Deckungsbeitrags. Die Kosten für die Erzeugung einer Energieeinheit (MJ NEL) betrugen bei der Variante mit WE-Vorfucht und 80 kg N-Düngung über Gülle zwischen 0,42 und 0,46 €-Cent, während sie bei den anderen Varianten z.T. mehr als doppelt so hoch waren.

Das Anbausystem „Direkt- und Spätsaat von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht“ erfüllt die Ansprüche an ein innovatives Anbausystem hinsichtlich der Reduzierung von Umweltgefährdungen und Anbauproblemen bei gleichzeitiger Optimierung der Erträge. Zusätzlich werden dabei die Produktionskosten gesenkt und der Deckungsbeitrag erhöht. Die Umsetzung in die landwirtschaftliche Praxis ist daher mit wenig Risiko und Aufwand verbunden.

8 Literaturverzeichnis

ACKERMANN, R., 2002: Bodendecker halten Wasser im Boden. Landwirtschaft ohne Pflug, 2, 13-15.

AITKEN, Y., 1980: The Early Maturing Character in Maize (Zea mays L.) in Relation to Temperature and Photoperiod. J. Agronomy and Crop Science 149, 89-106.

AMON, T., JEREMIC, D. und J. BOXBERGER, 2001: Neue Entwicklungen der landwirtschaftlichen Biogaserzeugung in Österreich. Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Freising Weihenstephan, 465-468.

AUERSWALD, K. und M. KAINZ, 1989: Verminderung der Bodenerosion im Maisanbau. Mais 2, 24-26.

AUERSWALD, K. und M. KAINZ, 2003: Vergleich der Erosionswirksamkeit des konventionellen und des organischen Landbaus. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Wien, 197-200.

AUFHAMMER, W., KÜBLER, E. und H.-P. KAUL, 1996: Untersuchungen zur Anpassung des Stickstoff-Angebots aus unterschiedlichen N-Quellen an den Verlauf der N-Aufnahme von Maisbeständen. Z. Pflanzenernähr. Bodenkde. 159, 471-478.

BAEUMER, K. 1996: Landwirtschaft und Naturverständnis. Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup, Ber. Ldw. 74 (1996) 369-387.

BECKMANN, U. und H. KOLBE, 2001: Öko-Mais braucht gute Pflege. Bauernzeitung 11, 47-48.

BECKMANN, U. und H. KOLBE, 2002: Maisanbau im Ökologischen Landbau. Informationen für Praxis und Beratung. Hrsg.: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft.

BEIN, H., MÜLLER, C. und S. GESKE, 2001: Anbauverfahren und Bestimmung herbstlicher Reststickstoffmengen im ökologischen Maisanbau. Projektarbeit Universität Kassel-Witzenhausen.

BENKE, M. und R. MARTENS, 2001: Silomaisanbau im Ökologischen Landbau. Mais, 3, 92-94.

BENKE, M. und A. MEYERCORDT, 2002: Silomais im Ökologischen Landbau – Anbauhinweise und Ergebnisse der Landessortenversuche 2001. FID-Beratung 06/2002.

BERENDONK, C., 1998: Maisanbau im ökologischen Landbau. Mais 4, 144-146.

BERGER, G., RICHTER, K. und K. SCHMALER, 1993: Zur Wirkung des Zwischenfruchtanbaus auf die winterliche N_{min}-Dynamik im Boden und die N-Konservierungsleistung unter den spezifischen Bedingungen der sandigen Böden des nordostdeutschen Tieflandes. Mitt. Gesellsch. Pflanzenbauwissenschaften 6, 21-24.

BRANDT, M., 2001: Bodenprofile der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen. Arbeitsberichte Nr.4, Universität Gesamthochschule Kassel, FB 11, Fachgebiet Bodenkunde, Witzenhausen.

BRANDT, M., HEß, J. und H. WILDHAGEN, 2001: Flächendeckendes Bodenmonitoring auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen - Kartier- und Analysenergebnisse. Ar-

beitsberichte Nr. 5, Universität Gesamthochschule Kassel, FB 11, Fachgebiet Bodenkunde, Witzenhausen.

BUSCH, M., 1987: Die symbiontische N-Bindung von Ackerbohnen und Erbsen in einem Feldversuch 1986. Diplomarbeit, Georg-August-Universität Göttingen.

CHARLES, R., 2001: Der Siegeszug der Wintererbsen. Die Grüne, 18,16-19.

CHERVET, A., HOFER, P. und W. STURNY, 2003: Vorteile der Direktsaat überwiegen. Landwirtschaft ohne Pflug, 2, 24-27.

DEBRUCK, J., 2001: Mechanischer Pflanzenschutz will gekonnt sein. Mais, 3, 95-97.

DEGENHARDT, Heinz, 1987: Mais organisch-biologisch erzeugen, Ökologischer Maisanbau - mit Hitze gegen Unkraut, Leguminosen zur Stickstoffernährung, Untersaaten. Mais 1, 42-45.

DEMMEL, M., HAHNENKAMM, O. und M. PETERREINS, 2002: Höhere Erträge durch bessere Standraumverteilung? Mais, 1,4-7.

DERSCH, G., 1997: N-Düngung an Standort und Ertrag ausrichten. Mais 1, 12-13.

DMK, DEUTSCHES MAISKOMITEE e.V., 2003: Landessortenversuche Silomais – Ökologischer Landbau. Arbeitsgruppe Sortenwesen und Arbeitsgruppe Ökologischer Landbau im Deutschen Maiskomitee, e.V. Zu beziehen über das Deutsche Maiskomitee e.V. (DMK), Bonn.

FAßBENDER, K., 1998: Strategien zur Reduzierung von Nitratverlagerungen auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben im ersten und zweiten Jahr nach Kleegrasumbruch. Dissertation, Universität Bonn. Beiträge zu Agrarwissenschaften, Band 16.

FRANKEN, H., 2001: Reduzierte Bodenbearbeitung – Chance oder Gefahr. Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften, 20-22.

FRITSCH, F., 1999: Düngung von Silomais - Stimmen die alten Rezepte noch? Hessenbauer 16, 20-22.

GARIBAY, S., FEIL, B., AMMON, H.U. und P. STAMP, 1993: N-Akkumulation von Mais bei Einsaat in einen Grasbestand. Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften, 6, 225-228.

GARIBAY, S. V. und B. FEIL, 1995: Ist die „Maiswiese“ eine Alternative zum konventionellen Maisanbau? Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften, 9, 383-386.

GEISLER, G., 1988: Pflanzenbau. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, S. 96.

GEISLER, G., 1993: Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemäßigten Klimas. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, S. 129-150.

GEORG, R., 2000: Tipps und Tricks. Mais Information, Nr. 2, 14. RAGT Saaten Deutschland GmbH, Herford.

GERMEIER, U.C., 1997 (a): Produktivität eines Silomais-Roggen-Fruchtfolgegliedes in Abhängigkeit von Zwischenfruchtarten und Bestellverfahren zu Mais im ökologischen Landbau. Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften, 10, 107-108.

GERMEIER, U.C., 1997 (b): Möglichkeiten und Grenzen des Anbaus von Winterzwischenfrüchten und der Anwendung von Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung im ökologischen Maisanbau. Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Bonn, 403-409.

GIENAPP, C., 2001: Mais im Ökologischen Landbau, Mais 3, 90.

GRAß, R., 1999: Direkt- und Spätsaat von Silomais in einem ökologischen Anbauverfahren zur Reduzierung von Umweltgefährdungen. Diplomarbeit, Universität Kassel-Witzenhausen.

GRAß, R., 2001: Neue Anbausysteme für Energiepflanzen. Unabhängige Bauernstimme, Rheda-Wiedenbrück, 3/2001.

GREBE, S. 2001: Die Ertragsbildung verschiedener Maissorten unter dem Einfluß saatzeitbedingter photoperiodischer Sensibilität. Diplomarbeit, Universität Kassel-Witzenhausen.

GREEF, J. M., 1994: Productivity of maize (Zea mays L.) in relation to morphological and physiological characteristics and varying amounts of nitrogen supply. Journal of Agronomy and Crop Science 172, 317-326.

GREEF, J. M., 1996: Die Ertragsbildung von Silomais in Abhängigkeit von der N-Düngung. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 9, 183-184.

GRÖBLINGHOFF, F.-F., STEMANN, G. und N. LÜTKE ENTRUP, 1994: N-Düngung: Neues System, höhere Effizienz? Mais 1, 30-33.

GUTSER, R. und K. VILSMEIER, 1989: Wie viel Stickstoff hinterlassen Zwischenfrüchte? DLG-Mitteilungen 2, 66-68.

GUTSER, R. und R. MANHART, 1993: Wachstum und N-Aufnahme von Mais in Mulchsaat. VDLUFA-Schriftenreihe 37, 273-276.

HAAS, G. 2003: Leistungsfähigkeit von Winter-Zwischenfrucht-Leguminosen. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Wien, 515-516..

HEGE, U., 1996: Bodenuntersuchung auf N_{min}. Mais 2, 60-61.

HEß, J., PIORR, A. und K. SCHMIDTKE, 1992: Grundwasserschonende Landbewirtschaftung durch Ökologischen Landbau? Veröffentlichung des Instituts für Wasserforschung GmbH Dortmund und der Dortmunder Stadtwerke AG, Nr. 45.

HEß, J. und A. KLEIN, 1987: Möglichkeiten zur Verringerung der N-Frühjahrslücke im Organischen Landbau durch verbesserte Nutzung von Leguminosen-N und systemkonforme Düngungsmaßnahmen. Forschung und Beratung Reihe B, Heft 36, 42-63.

HEß, J. und R. GRAß, 2001: Welche Restriktionen ergeben sich durch Richtlinien und Verordnungen? In: Mais. Seine Rolle im Ökologischen Landbau. Hrsg.: Deutsches Maiskomitee e.V.

HOFFMANN, G., 1991: Die Untersuchung von Böden. Methodenbuch, Band 1, 4. Auflage, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

HORN von, H.H. und J. SCHWARZ, 1998: Maiswiese schont Boden. DLG-Mitteilungen 5, 42-43.

HORST, W. J., WIESLER, F. und U. ISOKEIT, 1989: Genotypische Unterschiede in der Nutzung des Stickstoff- Angebotes des Bodens bei Mais. Ein Beitrag zur Verminderung der Nitratauswaschung? VDLUFA-Schriftenreihe 30, Kongreßband 1989, 149-154.

HUGGER, H., 1993: Gibt es die Düngung nach Maß? Mais 1, 32-35.

HUNTGEBURTH, A., 1999: Keine Tabupflanze für den Ökolandbau. Bio-land 4, 26-27.

JENSEN, E., 1987: Seasonal patterns of growth and nitrogen fixation in field-grown pea. Plant and soil, 101, 29-37.

JOERGENSEN, R. G., 1996: Die Beziehung von mikrobieller Aktivität, Biomasse und Residualmasse im Boden. Mitt. Deutsche Bodenkundl. Gesellsch., 81, 175-178.

KAINZ, M., KIMMELMANN, S. und H.-J. Reents, 2003: Bodenbearbeitung im Ökolandbau – Ergebnisse aus einem langjährigen Feldversuch. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Wien, 33-36.

KARPENSTEIN-MACHAN, M., SCHEFFER, K. UND E. PAHMEYER, 1992: Zweifruchtanbau - die Chance für alternative Energiegewinnung. Mais 3, 24-26.

KARPENSTEIN-MACHAN, M. UND E. SODIKIN, 1994: Möglichkeiten eines pestizidfreien Anbaus von Getreidearten zur thermischen Nutzung. VDLUFA-Schriftenreihe, 38, Kongreßband 1994, 673-676.

KARPENSTEIN-MACHAN, M. und R. STÜLPNAGEL 2000: Biomass yield and nitrogen fixation of legumes monocropped and intercropped with rye and rotation effects on a subsequent maize crop. Plant and Soil, 218, 215-232.

KANDELER, E. und K.E. BOEHM, 1996: Temporal dynamics of microbial biomass, xynalase activity, N-mineralisation and potential itrification in different tillage systems. J. Applied Soil Ecology 4, 181-191.

KIRCHGESSNER, M., 1987: Tierernährung.DLG-Verlag Frankfurt (Main).

KIRCHMEIER H. und J. SAUTER, 2002: Erbsensilage für Kühe? Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt, 24, 27-28.

KÖPKE, U., 1989: Körnerleguminosen: N_2-Fixierung, Vorfruchtwirkung und Fruchtfolgegestaltung - Auswirkung auf die Belastung von Agrarökosystemen. In: Bundesamt für Ernährung und Forstwirtschaft (Hrsg.): Körnerleguminosen. Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Reihe A: Angewandte Wissenschaft Heft 367, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup.

KÖSTENBAUER, H., 1996: Grundfutterproduktion für die Rinderfütterung im Ökologischen Landbau - Alternativen im und zum Silomaisanbau. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

KORNMANN, M. und K. KÖLLER, 1997: Direktsaat von Mais. Landtechnik 4, 178-179.

KRUG, T., 2002: Screening unterschiedlicher Wintererbsenherkünfte – Aspekte des Wurzelraumes. Diplomarbeit, Universität Kassel-Witzenhausen.

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft), 2002/2003: Betriebsplanung Landwirtschaft 2002/2003. KTBL-Verlag Darmstadt.

KÜBLER, E. und W. AUFHAMMER, 2001: Getreide-Körnerleguminosen-Mischbestände - Leistungsfähigkeit und Probleme. Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften, 13,168-169.

LIEDGENS, M., SOLDATI, A., STAMP, P. und W. RICHNER, 2001: Wurzelwachstum und -verteilung in der „Maiswiese“. Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften 13, 237-238.

LINDEKE, S., MARTENSEN, G. und G. PETERSEN, 2001: N-Fixierung und Biomasseertrag in Abhängigkeit vom Erntetermin der Wintererbse. Projektarbeit, Universität Kassel-Witzenhausen.

LORENZ, F. und G. STEFFENS (1997): Stickstoffauswaschung bei Mais und Winterroggen nach Gülledüngung in gestaffelten Gaben (Lysimeterversuch). Agribiological Research 50, 3, 193-203.

LÜTKE ENTRUP, N. und G. STEMANN, 1989: Maisanbau mit Untersaaten. Mais, 1, 14-17.

LÜTKE ENTRUP, N. und P. ZERHUSEN, 1992: Mais und Umwelt. Verlag Dr. Kovac, Hamburg.

LÜTKE ENTRUP, WOLF; R. und I. KRATZER, 1993: Umweltkritische Bereiche des Maisanbaus. Schriftenreihe Studien zur Agrarökologie Band 6, Verlag Dr. Kovac, Hamburg.

LÜTKE ENTRUP, N., WIEKER H., STEMANN, G. und F. F. GRÖBLINGHOFF, 1995: Maisdüngung nach N_{min} und Sollwert. Mais 2, 65-67.

MAIDL, F. X. und G. FISCHBECK, 1989: Neue Wege einer gezielten Stickstoffdüngung zu Mais. VDLUFA-Schriftenreihe 30, Kongreßband 1989, 143-148.

MAIDL, F. X., 1997: Standortgerechte Stickstoffversorgung. Mais 1, 6-7.

MAKOWSKI, N., 2000: Körnerleguminosen. In: Lütke Entrup, N. und J. Oehmichen: Lehrbuch des Pflanzenbaues, Band 2, 557. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen-Buer.

MAYER, J. und J. HEß, 1997: Welchen Beitrag zur Stickstoffversorgung leisten Körnerleguminosen? Ökologie & Landbau, 3, 18-21.

MAYER, J., BUEGGER, F., JENSEN, E.F., SCHLOTER; M. und J. Heß, 2003: Einflüsse der Rhizodeposition von Körnerleguminosen auf den Umsatz ihrer Residuen im Boden. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Wien, 5-8.

MERBACH, W., WURBS, A. und C. LATUS, 1996: Auswirkung der Stickstoffkonservierung durch Winterrübsen (*Brassica rapa, var. Oleifera*) auf die N-Verwertung von nachfolgend angebautem Mais und die N-Verlagerung in einem leichten Boden Nordostdeutschlands. Mitt. Der Deutschen Bodenkdl. Gesellsch., 79, 259-262.

MEYERCORDT, A., 1999: Nicht immer, aber immer öfter – Maisanbau in Biobetrieben. Mais 4, 144-146.

MÜLLER, M. M. and V. SUNDMANN, 1988: The fate of nitrogen (^{15}N) released from different plant materials during decomposition under field conditions. Plant and Soil 105, 133-139.

NEUBAUER, W. und R. KOHLS, 1994: Ergebnisse zur konservierenden Bodenbearbeitung bei Kartoffeln und Mais unter besonderer Berücksichtigung des Stickstoffs in Pflanze und Boden. Mitt. Gesellsch. f. Pflanzenbauwiss. 7, 47-50.

NEUMANN, H., LOGES, R. und F. TAUBE, 2003: Bicropping im ökologischen Wintreweizenanbau - eine Alternative zum Anbausystem der „Weiten Reihe“? Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Wien, 81-84.

NITSCH, A., 1997: Maisdüngung: Viele Fragen - einfach beantwortet. Mais 2, 60-63.

OLFS, H.-W., HAHN, A., SCHERER, W. und W. WERNER, 1991: Vergleichende Untersuchungen zur Erfassung von mikrobiell gebundenem Stickstoff im Boden. VDLUFA-Schriftenreihe, 33, 648-653.

PANSE, A., MAIDL, F.X., HAUNZ, F.X. und G. FISCHBECK, 1995: Umsatz von Körnerleguminosenstickstoff in einer Fruchtfolge mit Winterweizen und Wintergerste. Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften, 8, 253-256.

PAPESCH, J. und K. STEINERT, 1998: Mulch- und Direktsaat. Landtechnik 2, 64-65.

PEKRUN C., SCHNEIDER, N., WÜST, C., JAUSS, F. und W. CLAUPEIN, 2003: Einfluss reduzierter Bodenbearbeitung auf Ertragsbildung, Unkrautdynamik und Regenwurmpopulationen im Ökologischen Landbau. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Wien, 21-24.

PEOPLES, M. B., HERRIDGE, D. F. and J.K. LADHA, 1995: Biological Nitrogen Fixation: An Effecient Source for Sustainable Agricultural Production. Plant and Soil 174, 3-28.

PERETZKI, F., 1995: Erfolgreiche Gülledüngung zu Mais. Mais 2, 60-61.

PICKERT, J., 2002: Silomaisertrag nach Mulch- und Direktsaat auf einem humosen Sandstandort in Nordostdeutschland. Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften 14, 185-186.

PYTTLIK, C., 2003: Der Einfluss von Bodenbearbeitungsmaßnahmen und Düngeapplikation auf die C und N Dynamiken in einem Zweikulturennutzungssystem. Diplomarbeit, Universität Kassel-Witzenhausen.

RÄTZ, D., SCHMIDTKE, K. und R. RAUBER, 1997: Räumliche Verteilung der luft- und bodenbürtigen N-Aufnahme von Leguminosen innerhalb von Ackerflächen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften, 10, 289-290.

RAUPP, J., LETALIK, C. und F. HAUNZ, 1991: Nitratentwicklung nach Kleegrasumbruch im Frühjahr unter der Folgefrucht Silomais. Z. f. Acker- und Pflanzenbau 166, 181-190.

REDELBERGER, H., 2002: Betriebsplanung im ökologischen Landbau. ÖL und bioland-Verlags GmbH.

REIMER, W., 1994: Ökologischer Landbau als Ausweg aus der agrar(politischen) Krise? In: Mayer, J., Faul, O., Ries, M., Gerber, A. und A. Kärcher (Hrsg.): Ökologischer Landbau - Perspektive mit Zukunft! SÖL-Sonderausgabe, Nr. 58, Bad Dürkheim.

RICHTER, K. und K. SCHMALER, 1995: Trockenmasseproduktion und N-Entzug von Silomais nach verschiedenen Zwischenfrüchten und differenzierter Stickstoffdüngung. Das Wirtschaftseigene Futter, Band 41, Heft 2, 196-207.

SCHEFFER, K., 1982 a: Pflanzversuche mit Mais. I. Ertrag und Wachstumsverlauf von mittelspätem auf einem klimatischen Grenzstandort in Abhängigkeit vom Aussaattermin.

SCHEFFER, K., 1982 b: Pflanzversuche mit Mais. II. Der Anbau von späten Sorten unter dem Einfluß einer künstlich verlängerten Photoperiode. KALI-BRIEFE (Büntehof) 16 (3), 123-138.

SCHEFFER, K., PAHMEYER, E. und D. SZYMANSKI, 1984: Der Einfluß der Saatzeit auf die Ertragsbildung von Mais, dargestellt an Versuchen mit Folienbedeckung. KALI-BRIEFE (Büntehof) 17 (2), 145-151.

SCHEFFER, K., 1992: Brennstoff aus Biomasse - eine bedeutende Energiequelle für die Zukunft! Mais 2, 30-33.

SCHEFFER K. und R. STÜLPNAGEL, 1993: Wege und Chancen der Bereitstellung des CO_2-neutralen Energieträgers Biomasse - Grundgedanken zu einem Forschungskonzept. Der Tropenlandwirt, Beiheft Nr. 49.

SCHEFFER, K. 1994: Möglichkeiten und Chancen eines umweltfreundlichen Gesamtkonzeptes der Erzeugung von feuchtkonservierter Biomasse als Energieträger. VDLUFA-Schriftenreihe, 38, Kongreßband 1994, 665-668.

SCHEFFER, K., 1996: Bereitstellung und energetische Nutzung von Biomasse nach dem Konzept der Feuchtgutlinie. Konzeptpapier, Witzenhausen.

SCHEFFER, K., 2000: Energie aus der Vielfalt der Pflanzenarten – ein neuer Ansatz zur ökonomischen und ökologischen Optimierung der Biomassenutzung. In: Energie und Umwelt. Union der Dt. Akademien der Wissenschaften. Heidelberger Akademie der Wissenschaften (Hrsg.), Springer Verlag, S. 117-126.

SCHEFFER, K., 2002: Grundwasser- und Bodenschutz durch den Anbau von Energiepflanzen. In: Der Landwirt als Energie- und Rohstoffwirt. Eurosolar-Konferenzband, Eurosolar-Verlag Bonn, p 23-26.

SCHLEUß, U., 2003: Bodenbearbeitung und Unkrautregulierung im ökologischen Landbau. Landtechnik, 1, 50-51.

SCHMIDTKE, K., 1997: Stickstoff-Fixierleistung und N-Flächenbilanz beim Anbau von Erbsen (*Pisum sativum* L.) unterschiedlichen Wuchstyps in Reinsaat und Gemengesaat mit Hafer (*Avena sativa* L.). Mitt. Gesellsch. Pflanzenbauwiss. 10, 63-64.

SCHMIDTKE, K., 1999: N-Flächenbilanz beim Anbau von Futter- und Körnerleguminosen. Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Berlin 1999, 234-238. Verlag Dr. Köster Berlin.

SOMMER C. und J. BRUNOTTE, 1995: Konservierende Bodenbearbeitung zu Mais. Mais 3, 84-89.

STEINERT, K., 2002: Noch viele Fragen offen. Erfahrungen mit Biodirektsaat im ökologischen Landbau. Landwirtschaft ohne Pflug 6, 15-17.

STEINERT, K., 2001: Ökolandbau braucht neue Ideen. Landwirtschaft ohne Pflug, 6, 5-10.

STEMANN, G. und N. LÜTKE ENTRUP, 1990: Maisanbau mit Grasuntersaaten. Mais, 2, 27-32.

STEMANN, G. und N. LÜTKE ENTRUP, 1991: Umweltgerechter Anbau von Mais ist kein Problem. Mais, 2, 25-29.

STICKSEL, E., MAIDL, F. X. und G: FISCHBECK, 1994: Reduzierung des Nitrataustrags unter Silomais auf Böden hoher N-Austragsgefährdung durch angepaßte Düngungsstrategien. Agribiol. Research 47, 3-4, 324-334.

STICKSEL, E., MAIDL, F.-X. und G. FISCHBECK, 1996: Boden- und nutzungsbedingter Nitrataustrag in einem Trinkwasserschutzgebiet mit hoher N-Austragsgefährdung. Agribiological Research, 49, 10-22.

STÜLPNAGEL, R., BEHRINGER, T., KLOSE, F., REUFER, F. und V. STUKE, 1992: Investigations for a cheap estimation of the net calorific values (n.c.v.) of different biomasses. 7 th European Conference on biomass for Energy and Environment, Agriculture and Industry, Florence, Italy, 5.-9.10.1992.

STÜLPNAGEL, R., 1994: Vergleich zwischen der Bereitstellung lufttrockener und feuchtkonservierter Biomasse zur energetischen Nutzung. VDLUFA-Schriftenreihe 38, 669-672.

TEBRÜGGE, F., 2000: Visionen für die Direktsaat. Landwirtschaft ohne Pflug, 5, 16-20.

UPPENKAMP, N., 2002: Mais mit der Drillmaschine säen? Mais 1, 8-10.

VALTA, R., 1996: Gezielte N-Düngung zu Mais - ohne Mineraldünger? Mais 2, 52-55.

VALTA, R., MAIDL, F. X. und G. WENZEL, 1996: Möglichkeiten einer bedarfsgerechten organischen N-Düngung bei Mais. Mitt. Gesellsch. Pflanzenbauwiss. 9, 109-110.

VAN DIJK, W., SCHRÖDER, J., HOLTE, L.T. und W. DE GROOT, 1997: Binden Zwischenfrüchte ausreichend Stickstoff? Mais 2, 64-67.

WEISE, G., PICKERT, J. und R. SCHUPPENIES (1994): Praxisversuche zum Einfluß von winterharten und abfrierenden Zwischenfrüchten vor Mais im Vergleich zur Winterbrache auf die N-Dynamik im Boden und den Maisertrag. VDLUFA-Schriftenreihe 38, Kongreßband 1994, 235-238.

WEYMANN, W. und T. KINKEL, 1998: Reststickstoff-Gehalte im Herbst verringern. Hessenbauer 12, 35-36.

WICHMANN, S., DREYMANN, S., LOGES, R. und F. TAUBE, 2001: Ertrag, N_2-Fixierungsleistung und Vorfruchtwirkung von Körnererbsen bzw. Erbse/Gerstengemengen im Vergleich zu Kleegras. Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften, 13, 242-243.

WICHMANN, S., LOGES, R. und F. TAUBE, 2002: Vergleich von verschiedenen Leguminosenarten in Reinsaat und Gemenge im Hinblick auf Ertrag, Futterqualität und Vorfruchtwirkung. – Projektbeschreibung und erste Ergebnisse -. Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften 14, 181-182.

WIEKER, H. und N. LÜTKE ENTRUP, 1995: Verbesserung der Maisdüngung nach N_{min} und Sollwert. VDLUFA-Schriftenreihe 40, 993-996.

WILDHAGEN, H., 1998: Bodenkundliche Standortbeschreibung der Versuchsflächen des Fachbereichs. Arbeitsberichte Nr. 1, Uni Gh Kassel, FB 11, FG Bodenkunde, Witzenhausen.

WINSTEL, K., 1989: Mulchsaat zu Mais. Mais 2, 28-29.

ZSCHEISCHLER, J., ESTLER, M., STAUDACHER, W., GROß, F., BURGSTALLER, G., STREYL, H. und T. RECHMANN, 1990: Handbuch Mais. DLG-Verlag Frankfurt (Main).

9 Anhang

Tab. A1: Entwicklungsverlauf von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht (WE) (ohne Vogelfraß) und in Hauptfruchtstellung (nach SCHÜTTE und MEIER, 1981, zit. in ZSCHEISCHLER et al., 1990), Hebenshausen 2001.

Datum	**WE ohne Vogelfraß Entwicklungsstadium (EC-Stadium)**	**Vergleichsvariante Entwicklungsstadium (EC-Stadium)**
21.05.		11
30.05.		19
06.06.	11	21
20.06.	19	23
27.06..	19-21	23
03.07.	21	24
12.07.	22-23	31
29.07.	23	36
06.08.	23-24	53
13.08.	26	73-75
23.08.	51	77
29.08.	61-65	79
06.09.	77-79	81
12.09.	81	82
22.09.	82	83
02.10.	82	83-84
16.10.	83-84	

Tab. A2: Entwicklungsverlauf von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht (WE) mit und ohne Vogelfraß (nach SCHÜTTE und MEIER, 1981, zit. in ZSCHEISCHLER et al., 1990), Hebenshausen 2001.

Datum	**WE ohne Vogelfraß Entwicklungsstadium (EC-Stadium)**	**WE mit Vogelfraß Entwicklungsstadium (EC-Stadium)**
06.06.	11	
20.06.	19	
27.06..	19-21	11
03.07.	21	17
12.07.	22-23	19
29.07.	23	19-21
06.08.	23-24	22
13.08.	26	22-23
23.08.	51	34
29.08.	61-65	55
06.09.	77-79	61-65
12.09.	81	67
22.09.	82	73
02.10.	82	77-79
16.10.	83-84	81-82

Tab. A3: Deckungsbeitragsberechnung Wintererbsen und Silomais, Frankenhausen 1998/1999

SM/WE - innerbetriebliche Nutzung als Viehfutter - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Produktionsverfahren (PV) :	Mais/Wintererbse	Ertrag SM	Ertrag WE	**Jahr:**	1999
Kultur :	Silomais/Wintererbse	139 dt/ha	58,8 dt/ha		

Bruttoertrag (dt/ha):525 (SM)+450(WE)	197,5	Ø Ernte- und Gärverluste (Gew.-%) :	10
Gesamtverluste (% vom Bruttoeretrag)	10	Ø Lagerverluste (Gew.-%) :	0
Nettoertrag in dt/ha	177,75	Ø sonstige Verluste (Gew.-%) :	0
Futterpreis (€ / dt)	0,00		

Leistungen

Art der Leistung	**Bemerkungen**	**%**	**Menge** (dt / ha)	**€ / dt**	**€ /ha**
Silage	kein Verkauf, Nutzung als Viehfutter auf dem eigenen Betrieb,		177,75	0,00	0,00
	Fahrsilo auf Betriebsgelände				
Summe Marktleistung					**0,00**
sonst. Leistung	Ausgleichszahlung für Getreide in Hessen		347,00	€ / ha	347,00
Summe sonstige Leistungen					**347,00**
Gesamtleistung					**347,00**

Direktkosten

Kostenart	**Bemerkungen**									**€ / ha**
nicht proportionale Direktkosten										
Saatgut	Mais:	2,0	Einheiten/ ha, bei	70	€ / Einheit					140,00
Dünger	Anteil an der Erhaltungskalkung:			30	dt/ha à	3,00	€/dt für	3	Jahre	30,00
Silofolie	2x WE und Mais									60,00
Saatgut	Wintererbse:	100	Kg/ ha, bei	50	€ / dt					50,00
proportionale Direktkosten										
Versicherung	in Hessen :	7,03	€ je 1000 € Versicherungssumme, Wertansatz:					1000	€ / ha	7,03
Lohnkosten für										
Fremd-AK	für Handhacke, Ansatz:		9,00	€ / h Lohn (incl. Lohnnebenkosten) x				0	Akh	0,00
	(Summe proportionale Direktkosten)									*7,03*
Summe der Direktkosten insgesamt										**287,03**

Silomais Wintererbse - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Arbeitsgänge, Akh- Bedarf und var. Maschinenkosten eigen und fremd

	Zeitspannen / Akh pro ha						var. MK
	FB	HH	GE	HE	SH	Rest	(€ /ha)
Eigene Arbeitsgänge und verwendete Maschinen							
Pflügen Anbaudrehpflug, 3 Schare, 1,05m, 45 kW, Packer				2,8			44,72
Eggen mit Kreiselegge, 3 m, 45 kW (SEP1)				1,1			15,72
Säen mit Sämaschine, 3m, 45kW (SEP2)				1,0			8,91
Mähen mit Kreiselmähwerk, 1,7m, 37kW (MAI2)		1,1					10,48
Zetten/Wenden mit Kreiselzettwender 3,5m, 37kW (MAI2)		0,6					7,74
Schwaden mit Kreiselschwader, 3,0m, 45kW (MAI2)		0,9					9,94
Anwelkgut Bergen, Ladewagen,12m³, 1,7t, 45kW (MAI2)		3,2					31,30
Festfahren, Traktor, 37kW		3,2					4,16
Direktsaat, Spezialmaschine, 2,5m,45kW, 25kg/ha (MAI2)		1,3					22,25
Gülle, ab Hof, PTW, Schleppschlauch, 5m³, 6m, 45kW, 30m³ (JUN2)		2,5					31,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW, nach Gülle (JUN2)		0,9					7,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW (JUL2)			0,9				7,06
Silomais Häckseln mit Anbauhäcksler, einreihig, 45 kW (SEP1)				4,5			78,51
Silomaistransport, Dreiseitenkippanhänger 8t, 45 kW, (SEP2)				4,5			22,13
Silomais Verteilen und Walzen, Traktor, 5t, 45kW				4,5			22,17
Kalk ab Feld streuen, 35t/h, Frontlader, 37 kW Laden				0,0			0,09
4,0t, Anhängerschleuderstreuer, 45kW				0,1			0,91
Stoppelgrubbern, 2 m, 45 kW				1,0			12,74
Summe Akh eigen und var. Maschinenkosten eigen	**0,0**	**13,7**	**0,9**	**19,6**	**0,0**	**0,0**	**336,95**
Fremd-Akh und Fremdmaschinen							
Summe Akh fremd und var. Maschinenkosten fremd	**0,0**	**0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,00**
Summe Akh und var. Maschinenkosten gesamt	**0,0**	**14**	**0,9**	**19,6**	**0,0**	**0,0**	**336,95**

Ergebnisse

Direktkostenfreie Leistung (DfL) in € / ha	(Gesamtleistung - Direktkosten)	**59,97**
dito ohne sonstige Leistungen		-287,03
Deckungsbeitrag (€ / ha)	(DfL - var. Maschinenkosten gesamt)	**-276,98**
dito ohne sonstige Leistungen		-623,98
Arbeitskraftstunden eigen gesamt (Akh / ha)		**34,2**
Arbeitskraftstunden fremd gesamt (Akh / ha)		**0,0**

DB/Akh eigen: -8,11 €

Tab. A4: Deckungsbeitragsberechnung Wintererbsen/Roggen-Gemenge und Silomais, Frankenhausen 1998/1999

SM/WE-Ro - innerbetriebliche Nutzung als Viehfutter - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Produktionsverfahren (PV) :	WE-Roggen/Silomais	Ertrag SM	Ertrag WE/Ro	**Jahr:**	1999
Kultur :		119 dt TM/ha	64,3 dt TM/ha		

Bruttoertrag (dt/ha):525 (SM)+450(WE)	182,8	Ø Ernte- und Gärverluste (Gew.-%) :	10
Gesamtverluste (% vom Bruttoeretrag)	10	Ø Lagerverluste (Gew.-%) :	0
Nettoertrag in dt/ha	164,52	Ø sonstige Verluste (Gew.-%) :	0
Futterpreis (€ / dt)	0,00		

Leistungen

Art der Leistung	**Bemerkungen**	**%**	**Menge** (dt / ha)	**€ / dt**	**€ /ha**
Silage	kein Verkauf, Nutzung als Viehfutter auf dem eigenen Betrieb,		164,52	0,00	0,00
	Fahrsilo auf Betriebsgelände				
Summe Marktleistung					**0,00**
sonst. Leistung	Ausgleichszahlung für Getreide in Hessen		347,00	€ / ha	347,00
Summe sonstige Leistungen					**347,00**
Gesamtleistung					**347,00**

Direktkosten

Kostenart	**Bemerkungen**									**€ / ha**
nicht proportionale Direktkosten										
Saatgut	Mais:	2,0	Einheiten/ ha, bei	70	€ / Einheit					140,00
Dünger	Anteil an der Erhaltungskalkung:			30	dt/ha à	3,00	€/dt für	3	Jahre	30,00
Silofolie	2x WE/Ro und Mais									60,00
Saatgut	WE	50	Kg/ ha, bei	50	€ / dt					25,00
Saatgut	Roggen	58	Kg/ ha, bei	60	€ / dt					34,80
proportionale Direktkosten										
Versicherung	in Hessen :	7,03	€ je 1000 € Versicherungssumme, Wertansatz:					1000	€ / ha	7,03
Lohnkosten für Fremd-AK										
	für Handhacke, Ansatz:	9,00	€ / h Lohn (incl. Lohnnebenkosten) x					25	Akh	225,00
(Summe proportionale Direktkosten)										*232,03*
Summe der Direktkosten insgesamt										**521,83**

Silomais WE/Ro - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Arbeitsgänge, Akh- Bedarf und var. Maschinenkosten eigen und fremd

	Zeitspannen / Akh pro ha						var. MK
	FB	HH	GE	HE	SH	Rest	(€ /ha)
Eigene Arbeitsgänge und verwendete Maschinen							
Pflügen Anbaudrehpflug, 3 Schare, 1,05m, 45 kW, Packer				2,8			44,72
Eggen mit Kreiselegge, 3 m, 45 kW (SEP1)				1,1			15,72
Säen mit Sämaschine, 3m, 45kW (SEP2)				1,0			8,91
Mähen mit Kreiselmähwerk, 1,7m, 37kW (MAI2)		1,1					10,48
Zetten/Wenden mit Kreiselzettwender 3,5m, 37kW (MAI2)		0,6					7,74
Schwaden mit Kreiselschwader, 3,0m, 45kW (MAI2)		0,9					9,94
Anwelkgut Bergen, Ladewagen,12m³, 1,7t, 45kW (MAI2)		3,2					31,30
Festfahren, Traktor, 37kW		3,2					4,16
Direktsaat, Spezialmaschine, 2,5m,45kW, 25kg/ha (MAI2)		1,3					22,25
Gülle, ab Hof, PTW, Schleppschlauch, 5m³, 6m, 45kW, 30m³ (JUN2)		2,5					31,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW, nach Gülle (JUN2)		0,9					7,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW (JUL2)			0,9				7,06
Silomais Häckseln mit Anbauhäcksler, einreihig, 45 kW (SEP1)				4,5			78,51
Silomaistransport, Dreiseitenkippanhänger 8t, 45 kW, (SEP2)				4,5			22,13
Silomais Verteilen und Walzen, Traktor, 5t, 45kW				4,5			22,17
Kalk ab Feld streuen, 35t/h, Frontlader, 37 kW Laden				0,0			0,09
4,0t, Anhängerschleuderstreuer, 45kW				0,1			0,91
Stoppelgrubbern, 2 m, 45 kW				1,0			12,74
Summe Akh eigen und var. Maschinenkosten eigen	**0,0**	**13,7**	**0,9**	**19,6**	**0,0**	**0,0**	**336,95**
Fremd-Akh und Fremdmaschinen							
Hacken von Hand im Lohn für 9 € /Akh			25,0				
Summe Akh fremd und var. Maschinenkosten fremd	**0,0**	**0**	**25,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,00**
Summe Akh und var. Maschinenkosten gesamt	**0,0**	**14**	**25,9**	**19,6**	**0,0**	**0,0**	**336,95**

Ergebnisse

Direktkostenfreie Leistung (DfL) in € / ha	(Gesamtleistung - Direktkosten)	**-174,83**
dito ohne sonstige Leistungen		-521,83
Deckungsbeitrag (€ / ha)	(DfL - var. Maschinenkosten gesamt)	**-511,78**
dito ohne sonstige Leistungen		-858,78
Arbeitskraftstunden eigen gesamt (Akh / ha)		**34,2**
Arbeitskraftstunden fremd gesamt (Akh / ha)		**25,0**
DB/Akh eigen: -14,98 €		

Tab. A5: Deckungsbeitragsberechnung von Silomais nach Wintererbsen, Frankenhausen 1999.

SM/WE - innerbetriebliche Nutzung als Viehfutter - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Produktionsverfahren (PV) :	Mais/Wintererbse	Ertrag SM	Ertrag WE	**Jahr:**	1999
Kultur :	Silomais/Wintererbse	139 dt/ha	58,8 dt/ha		

Bruttoertrag (dt/ha):525 (SM)+450(WE)	138,7	Ø Ernte- und Gärverluste (Gew.-%) :	10
Gesamtverluste (% vom Bruttoeretrag)	10	Ø Lagerverluste (Gew.-%) :	0
Nettoertrag in dt/ha	124,83	Ø sonstige Verluste (Gew.-%) :	0
Futterpreis (€ / dt)	0,00		

Leistungen

Art der Leistung	**Bemerkungen**	**%**	**Menge** (dt / ha)	**€ / dt**	**€ /ha**
Silage	kein Verkauf, Nutzung als Viehfutter auf dem eigenen Betrieb,		124,83	0,00	0,00
	Fahrsilo auf Betriebsgelände				
Summe Marktleistung					**0,00**
sonst. Leistung	Ausgleichszahlung für Getreide in Hessen		347,00	€ / ha	347,00
Summe sonstige Leistungen					**347,00**
Gesamtleistung					**347,00**

Direktkosten

Kostenart	**Bemerkungen**	**€ / ha**
	nicht proportionale Direktkosten	
Saatgut	Mais: 2,0 Einheiten/ ha, bei 70 € / Einheit	140,00
Dünger	Anteil an der Erhaltungskalkung: 30 dt/ha à 3,00 €/dt für 3 Jahre	30,00
Silofolie	Mais	30,00
Saatgut	Wintererbse: 0 Kg/ ha, bei 50 € / dt	0,00
	proportionale Direktkosten	
Versicherung	in Hessen : 7,03 € je 1000 € Versicherungssumme, Wertansatz: 1000 € / ha	7,03
Lohnkosten für		
Fremd-AK	für Handhacke, Ansatz: 9,00 € / h Lohn (incl. Lohnnebenkosten) x 0 Akh	0,00
	(Summe proportionale Direktkosten)	*7,03*
Summe der Direktkosten insgesamt		**207,03**

Silomais Wintererbse - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Arbeitsgänge, Akh- Bedarf und var. Maschinenkosten eigen und fremd

	Zeitspannen / Akh pro ha						var. MK
	FB	HH	GE	HE	SH	Rest	(€ /ha)
Eigene Arbeitsgänge und verwendete Maschinen							
Direktsaat, Spezialmaschine, 2,5m,45kW, 25kg/ha (MAI2)		1,3					22,25
Gülle, ab Hof, PTW, Schleppschlauch, 5m³, 6m, 45kW, 30m³ (JUN2)		2,5					31,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW, nach Gülle (JUN2)		0,9					7,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW (JUL2)			0,9				7,06
Silomais Häckseln mit Anbauhäcksler, einreihig, 45 kW (SEP1)				4,5			78,51
Silomaistransport, Dreiseitenkippanhänger 8t, 45 kW, (SEP2)				4,5			22,13
Silomais Verteilen und Walzen, Traktor, 5t, 45kW				4,5			22,17
Kalk ab Feld streuen, 35t/h, Frontlader, 37 kW Laden				0,0			0,09
4,0t, Anhängerschleuderstreuer, 45kW				0,1			0,91
Stoppelgrubbern, 2 m, 45 kW				1,0			12,74
Summe Akh eigen und var. Maschinenkosten eigen	**0,0**	**4,7**	**0,9**	**14,7**	**0,0**	**0,0**	**203,98**
Fremd-Akh und Fremdmaschinen							
Summe Akh fremd und var. Maschinenkosten fremd	**0,0**	**0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,00**
Summe Akh und var. Maschinenkosten gesamt	**0,0**	**5**	**0,9**	**14,7**	**0,0**	**0,0**	**203,98**

Ergebnisse

Direktkostenfreie Leistung (DfL) in € / ha	(Gesamtleistung - Direktkosten)	**140,0**
dito ohne sonstige Leistungen		-207,0
Deckungsbeitrag (€ / ha)	(DfL - var. Maschinenkosten gesamt)	**-64,0**
dito ohne sonstige Leistungen		-411,0
Arbeitskraftstunden eigen gesamt (Akh / ha)		**20,3**
Arbeitskraftstunden fremd gesamt (Akh / ha)		**0,0**
DB/Akh eigen: -3,15 €		

Tab. A7: Deckungsbeitragsberechnung von Wintererbsen und Silomais, Frankenhausen 1999/2000

SM/WE - innerbetriebliche Nutzung als Viehfutter - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Produktionsverfahren (PV) :	Mais/Wintererbse	Ertrag SM	Ertrag WE	**Jahr:**	2000
Kultur :	Silomais/Wintererbse	132 dt/ha	57 dt/ha		

Bruttoertrag (dt/ha):525 (SM)+450(WE)	189,1	Ø Ernte- und Gärverluste (Gew.-%) :	10
Gesamtverluste (% vom Bruttoeretrag)	10	Ø Lagerverluste (Gew.-%) :	0
Nettoertrag in dt/ha	170,19	Ø sonstige Verluste (Gew.-%) :	0
Futterpreis (€ / dt)	0,00		

Leistungen

Art der Leistung	**Bemerkungen**	**%**	**Menge** (dt / ha)	**€ / dt**	**€ /ha**
Silage	kein Verkauf, Nutzung als Viehfutter auf dem eigenen Betrieb,		170,19	0,00	0,00
	Fahrsilo auf Betriebsgelände				
Summe Marktleistung					**0,00**
sonst. Leistung	Ausgleichszahlung für Getreide in Hessen		347,00	€ / ha	347,00
Summe sonstige Leistungen					**347,00**
Gesamtleistung					**347,00**

Direktkosten

Kostenart	**Bemerkungen**	**€ / ha**
	nicht proportionale Direktkosten	
Saatgut	Mais: 2,0 Einheiten/ ha, bei 70 € / Einheit	140,00
Dünger	Anteil an der Erhaltungskalkung: 30 dt/ha à 3,00 €/dt für 3 Jahre	30,00
Silofolie	2x WE und Mais	60,00
Saatgut	Wintererbse: 100 Kg/ ha, bei 50 € / dt	50,00
	proportionale Direktkosten	
Versicherung	in Hessen : 7,03 € je 1000 € Versicherungssumme, Wertansatz: 1000 € / ha	7,03
Lohnkosten für		
Fremd-AK	für Handhacke, Ansatz: 9,00 € / h Lohn (incl. Lohnnebenkosten) x 0 Akh	0,00
	(Summe proportionale Direktkosten)	*7,03*
Summe der Direktkosten insgesamt		**287,03**

Silomais Wintererbse - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Arbeitsgänge, Akh- Bedarf und var. Maschinenkosten eigen und fremd

	Zeitspannen / Akh pro ha						var. MK
	FB	HH	GE	HE	SH	Rest	(€ /ha)
Eigene Arbeitsgänge und verwendete Maschinen							
Pflügen Anbaudrehpflug, 3 Schare, 1,05m, 45 kW, Packer				2,8			44,72
Eggen mit Kreiselegge, 3 m, 45 kW (SEP1)				1,1			15,72
Säen mit Sämaschine, 3m, 45kW (SEP2)				1,0			8,91
Mähen mit Kreiselmähwerk, 1,7m, 37kW (MAI2)		1,1					10,48
Zetten/Wenden mit Kreiselzettwender 3,5m, 37kW (MAI2)		0,6					7,74
Schwaden mit Kreiselschwader, 3,0m, 45kW (MAI2)		0,9					9,94
Anwelkgut Bergen, Ladewagen,12m³, 1,7t, 45kW (MAI2)		3,2					31,30
Festfahren, Traktor, 37kW		3,2					4,16
Direktsaat, Spezialmaschine, 2,5m,45kW, 25kg/ha (MAI2)		1,3					22,25
Gülle, ab Hof, PTW, Schleppschlauch, 5m³, 6m, 45kW, 30m³ (JUN2)		2,5					31,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW, nach Gülle (JUN2)		0,9					7,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW (JUL2)			0,9				7,06
Silomais Häckseln mit Anbauhäcksler, einreihig, 45 kW (SEP1)				4,5			78,51
Silomaistransport, Dreiseitenkippanhänger 8t, 45 kW, (SEP2)				4,5			22,13
Silomais Verteilen und Walzen, Traktor, 5t, 45kW				4,5			22,17
Kalk ab Feld streuen, 35t/h, Frontlader, 37 kW Laden				0,0			0,09
4,0t, Anhängerschleuderstreuer, 45kW				0,1			0,91
Stoppelgrubbern, 2 m, 45 kW				1,0			12,74
Summe Akh eigen und var. Maschinenkosten eigen	**0,0**	**13,7**	**0,9**	**19,6**	**0,0**	**0,0**	**336,95**
Fremd-Akh und Fremdmaschinen							
Summe Akh fremd und var. Maschinenkosten fremd	**0,0**	**0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,00**
Summe Akh und var. Maschinenkosten gesamt	**0,0**	**14**	**0,9**	**19,6**	**0,0**	**0,0**	**336,95**

Ergebnisse

Direktkostenfreie Leistung (DfL) in € / ha	(Gesamtleistung - Direktkosten)	**59,97**
dito ohne sonstige Leistungen		-287,03
Deckungsbeitrag (€ / ha)	(DfL - var. Maschinenkosten gesamt)	**-276,98**
dito ohne sonstige Leistungen		-623,98
Arbeitskraftstunden eigen gesamt (Akh / ha)		**34,2**
Arbeitskraftstunden fremd gesamt (Akh / ha)		**0,0**
DB/Akh eigen: -8,11 €		

Tab. A8: Deckungsbeitragsberechnung von Wintererbsen/Roggen-Gemenge, Frankenhausen 1999/2000.

SM/WE-Ro - innerbetriebliche Nutzung als Viehfutter - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Produktionsverfahren (PV) :	Mais/Wintererbse	Ertrag SM	Ertrag WE/Ro	**Jahr:**	2000
Kultur :	Silomais/WE-Roggen	118 dt TM/ha	60,3 dt TM/ha		

Bruttoertrag (dt/ha):525 (SM)+450(WE)	178,7	Ø Ernte- und Gärverluste (Gew.-%) :	10
Gesamtverluste (% vom Bruttoeretrag)	10	Ø Lagerverluste (Gew.-%) :	0
Nettoertrag in dt/ha	160,83	Ø sonstige Verluste (Gew.-%) :	0
Futterpreis (€ / dt)	0,00		

Leistungen

Art der Leistung	**Bemerkungen**	**%**	**Menge** (dt / ha)	**€ / dt**	**€ /ha**
Silage	kein Verkauf, Nutzung als Viehfutter auf dem eigenen Betrieb,		160,83	0,00	0,00
	Fahrsilo auf Betriebsgelände				
Summe Marktleistung					**0,00**
sonst. Leistung	Ausgleichszahlung für Getreide in Hessen		347,00	€ / ha	347,00
Summe sonstige Leistungen					**347,00**
Gesamtleistung					**347,00**

Direktkosten

Kostenart	**Bemerkungen**									**€ / ha**
nicht proportionale Direktkosten										
Saatgut	Mais:	2,0	Einheiten/ ha, bei	70	€ / Einheit					140,00
Dünger	Anteil an der Erhaltungskalkung:			30	dt/ha à	3,00	€/dt für	3	Jahre	30,00
Silofolie	2x WE/Ro und Mais									60,00
Saatgut	WE	50	Kg/ ha, bei	50	€ / dt					25,00
Saatgut	Roggen	58	Kg/ ha, bei	60	€ / dt					34,80
proportionale Direktkosten										
Versicherung	in Hessen :	7,03	€ je 1000 € Versicherungssumme, Wertansatz:					1000	€ / ha	7,03
Lohnkosten für Fremd-AK										
	für Handhacke, Ansatz:	9,00	€ / h Lohn (incl. Lohnnebenkosten) x					25	Akh	225,00
(Summe proportionale Direktkosten)										*232,03*
Summe der Direktkosten insgesamt										**521,83**

Silomais WE/Ro - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Arbeitsgänge, Akh- Bedarf und var. Maschinenkosten eigen und fremd

	Zeitspannen / Akh pro ha						var. MK
	FB	HH	GE	HE	SH	Rest	(€ /ha)
Eigene Arbeitsgänge und verwendete Maschinen							
Pflügen Anbaudrehpflug, 3 Schare, 1,05m, 45 kW, Packer				2,8			44,72
Eggen mit Kreiselegge, 3 m, 45 kW (SEP1)				1,1			15,72
Säen mit Sämaschine, 3m, 45kW (SEP2)				1,0			8,91
Mähen mit Kreiselmähwerk, 1,7m, 37kW (MAI2)		1,1					10,48
Zetten/Wenden mit Kreiselzettwender 3,5m, 37kW (MAI2)		0,6					7,74
Schwaden mit Kreiselschwader, 3,0m, 45kW (MAI2)		0,9					9,94
Anwelkgut Bergen, Ladewagen,12m³, 1,7t, 45kW (MAI2)		3,2					31,30
Festfahren, Traktor, 37kW		3,2					4,16
Direktsaat, Spezialmaschine, 2,5m,45kW, 25kg/ha (MAI2)		1,3					22,25
Gülle, ab Hof, PTW, Schleppschlauch, 5m³, 6m, 45kW, 30m³ (JUN2)		2,5					31,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW, nach Gülle (JUN2)		0,9					7,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW (JUL2)			0,9				7,06
Silomais Häckseln mit Anbauhäcksler, einreihig, 45 kW (SEP1)				4,5			78,51
Silomaistransport, Dreiseitenkippanhänger 8t, 45 kW, (SEP2)				4,5			22,13
Silomais Verteilen und Walzen, Traktor, 5t, 45kW				4,5			22,17
Kalk ab Feld streuen, 35t/h, Frontlader, 37 kW Laden				0,0			0,09
4,0t, Anhängerschleuderstreuer, 45kW				0,1			0,91
Stoppelgrubbern, 2 m, 45 kW				1,0			12,74
Summe Akh eigen und var. Maschinenkosten eigen	**0,0**	**13,7**	**0,9**	**19,6**	**0,0**	**0,0**	**336,95**
Fremd-Akh und Fremdmaschinen							
Hacken von Hand im Lohn für 9 € /Akh			25,0				
Summe Akh fremd und var. Maschinenkosten fremd	**0,0**	**0**	**25,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,00**
Summe Akh und var. Maschinenkosten gesamt	**0,0**	**14**	**25,9**	**19,6**	**0,0**	**0,0**	**336,95**

Ergebnisse

Direktkostenfreie Leistung (DfL) in € / ha	(Gesamtleistung - Direktkosten)	**-174,83**
dito ohne sonstige Leistungen		-521,83
Deckungsbeitrag (€ / ha)	(DfL - var. Maschinenkosten gesamt)	**-511,78**
dito ohne sonstige Leistungen		-858,78
Arbeitskraftstunden eigen gesamt (Akh / ha)		**34,2**
Arbeitskraftstunden fremd gesamt (Akh / ha)		**25,0**
DB/Akh eigen: -14,98 €		

Tab. A9: Deckungsbeitragsberechnung von "Silomais in Hauptfruchtstellung", Frankenhausen 1999/2000.

Silomais - innerbetriebliche Nutzung als Viehfutter - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Vergleichsvariante

Produktionsverfahren (PV) :	Mais	**Jahr:**	2000
Kultur :	Silomais		

Bruttoertrag (dt TM/ha) :	120,5	Ø Ernte- und Gärverluste (Gew.-%) :	10
Gesamtverluste (% vom Bruttoeretrag)	10	Ø Lagerverluste (Gew.-%) :	0
Nettoertrag in dt TM/ha	108,45	Ø sonstige Verluste (Gew.-%) :	0
Futterpreis (€ / dt)	0,00		

Gesamt Leistungen

Art der Leistung	**Bemerkungen**	**%**	**Menge** (dt / ha)	**€ / dt**	**€ /ha**
Silage	kein Verkauf, Nutzung als Viehfutter auf dem eigenen Betrieb,		108,45	0,00	0,00
	Fahrsilo auf Betriebsgelände				
Summe Marktleistung					**0,00**
sonst. Leistung	Ausgleichszahlung für Getreide in Hessen		347,00	€ / ha	347,00
Summe sonstige Leistungen					**347,00**
Gesamtleistung					**347,00**

Direktkosten

Kostenart	**Bemerkungen**									**€ / ha**
nicht proportionale Direktkosten										
Saatgut	Mais:	2,0	Einheiten/ ha	70	€ / Einheit					140,00
Saatgut	WE	50	kg/ ha, bei	50	€ / dt					25,00
	Ro	58	kg/ ha, bei	60	€ / dt					34,80
Dünger	Anteil an der Erhaltungskalkung:			30	dt/ha à	3,00	€/dt für	3	Jahre	30,00
Silofolie										30,00
proportionale Direktkosten										
Versicherung	in Hessen :	7,03	€ je 1000 € Versicherungssumme, Wertansatz:					1000	€ / ha	7,03
Lohnkosten für Fremd-AK	für Handhacke		9,00	€ / h Lohn (incl. Lohnnebenkosten) x				25	Akh	225,00
(Summe proportionale Direktkosten)										*232,03*
Summe der Direktkosten insgesamt										**491,83**

Silomais - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen, Vergleichsvariante

Arbeitsgänge, Akh- Bedarf und var. Maschinenkosten eigen und fremd

	Zeitspannen / Akh pro ha						var. MK
	FB	HH	GE	HE	SH	Rest	(€ /ha)
Eigene Arbeitsgänge und verwendete Maschinen							
Pflügen, Anbaudrehpflug, 3 Schare, 1,05m, 45 kW; Packer				2,8			44,72
Eggen mit Kreiselegge, 3 m, 45 kW (SEP1)				1,1			15,72
Säen mit Sämaschine, 3m, 45kW (SEP2) Winterzwischenfrucht				1,0			8,91
Pflügen, Anbaudrehpflug, 3 Schare, 1,05m, 45 kW	2,8						37,72
Eggen mit Kreiselegge, doppelte Überfahrt, 3 m, 45 kW	2,2						31,44
Einzelkornsaat von Mais, 4 Reihen, 3,0m, 25kg/ha, 45kW (MAI1)	0,9						12,92
1x Blindstriegeln, 5m, 37kW (MAI1)		0,7					7,42
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW (Mai)		0,9					7,06
Gülle ab Hof, PTW, Schleppschlauch, 5m³, 6m, 45kW, 30m³		2,5					31,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW nach Gülle (JUN2)		0,9					7,06
Silomais Häckseln mit Anbauhäcksler, einreihig, 45 kW (SEP1)				4,5			78,51
Silomaistransport mit Dreiseitenkippanhänger 8t, 45 kW (SEP2)				4,5			22,13
Silomais Verteilen und Walzen, Traktor, 5t, 45kW				4,5			22,17
Kalk ab Feld streuen, 35t/h, Frontlader, 37 kW				0,0			0,70
4t, Anhängerschleuderstreuer, 45kW				0,1			0,91
Stoppelgrubbern, 2 m, 45 kW				1,0			12,74
Summe Akh eigen und var. Maschinenkosten eigen	**5,9**	**5,0**	**0,0**	**19,6**	**0,0**	**0,0**	**341,19**
Hacken von Hand im Lohn für 9 € /Akh			25,0				0,00
Mais häckseln im Lohn							
Summe Akh fremd und var. Maschinenkosten fremd	**0,0**	**0**	**25,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,00**
Summe Akh und var. Maschinenkosten gesamt	**5,9**	**5**	**25,0**	**19,6**	**0,0**	**0,0**	**341,19**

Ergebnisse

Direktkostenfreie Leistung (DfL) in € / ha	(Gesamtleistung - Direktkosten)	**-144,83**
dito ohne sonstige Leistungen		-491,83
Deckungsbeitrag (€ / ha)	(DfL - var. Maschinenkosten gesamt)	**-486,02**
dito ohne sonstige Leistungen		-833,0
Arbeitskraftstunden eigen gesamt (Akh / ha)		**30,5**
Arbeitskraftstunden fremd gesamt (Akh / ha)		**25,0**
DB/Akh eigen: -15,94 €		

Tab. A 10: Deckungsbeitragsberechnung von Silomais nach Wintererbsen, Frankenhausen 2000.

SM/WE - innerbetriebliche Nutzung als Viehfutter - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Produktionsverfahren (PV) :	Mais/Wintererbse	Ertrag SM	Ertrag WE	**Jahr:**	2000
Kultur :	Silomais/Wintererbse	132 dt/ha	dt/ha		

Bruttoertrag (dt/ha):525 (SM)+450(WE)	132,1	Ø Ernte- und Gärverluste (Gew.-%) :	10
Gesamtverluste (% vom Bruttoeretrag)	10	Ø Lagerverluste (Gew.-%) :	0
Nettoertrag in dt/ha	118,89	Ø sonstige Verluste (Gew.-%) :	0
Futterpreis (€ / dt)	0,00		

Leistungen

Art der Leistung	**Bemerkungen**	**%**	**Menge** (dt / ha)	**€ / dt**	**€ /ha**
Silage	kein Verkauf, Nutzung als Viehfutter auf dem eigenen Betrieb,		118,89	0,00	0,00
	Fahrsilo auf Betriebsgelände				
Summe Marktleistung					**0,00**
sonst. Leistung	Ausgleichszahlung für Getreide in Hessen		347,00	€ / ha	347,00
Summe sonstige Leistungen					**347,00**
Gesamtleistung					**347,00**

Direktkosten

Kostenart	**Bemerkungen**	**€ / ha**
	nicht proportionale Direktkosten	
Saatgut	Mais: 2,0 Einheiten/ ha, bei 70 € / Einheit	140,00
Dünger	Anteil an der Erhaltungskalkung: 30 dt/ha à 3,00 €/dt für 3 Jahre	30,00
Silofolie	Mais	30,00
Saatgut	Wintererbse: 0 Kg/ ha, bei 50 € / dt	0,00
	proportionale Direktkosten	
Versicherung	in Hessen : 7,03 € je 1000 € Versicherungssumme, Wertansatz: 1000 € / ha	7,03
Lohnkosten für		
Fremd-AK	für Handhacke, Ansatz: 9,00 € / h Lohn (incl. Lohnnebenkosten) x 0 Akh	0,00
	(Summe proportionale Direktkosten)	*7,03*
Summe der Direktkosten insgesamt		**207,03**

Silomais Wintererbse - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Arbeitsgänge, Akh- Bedarf und var. Maschinenkosten eigen und fremd

	Zeitspannen / Akh pro ha						var. MK
	FB	HH	GE	HE	SH	Rest	(€ /ha)
Eigene Arbeitsgänge und verwendete Maschinen							
Direktsaat, Spezialmaschine, 2,5m,45kW, 25kg/ha (MAI2)		1,3					22,25
Gülle, ab Hof, PTW, Schleppschlauch, 5m³, 6m, 45kW, 30m³ (JUN2)		2,5					31,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW, nach Gülle (JUN2)		0,9					7,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW (JUL2)			0,9				7,06
Silomais Häckseln mit Anbauhäcksler, einreihig, 45 kW (SEP1)				4,5			78,51
Silomaistransport, Dreiseitenkippanhänger 8t, 45 kW, (SEP2)				4,5			22,13
Silomais Verteilen und Walzen, Traktor, 5t, 45kW				4,5			22,17
Kalk ab Feld streuen, 35t/h, Frontlader, 37 kW Laden				0,0			0,09
4,0t, Anhängerschleuderstreuer, 45kW				0,1			0,91
Stoppelgrubbern, 2 m, 45 kW				1,0			12,74
Summe Akh eigen und var. Maschinenkosten eigen	**0,0**	**4,7**	**0,9**	**14,7**	**0,0**	**0,0**	**203,98**
Fremd-Akh und Fremdmaschinen							
Summe Akh fremd und var. Maschinenkosten fremd	**0,0**	**0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,00**
Summe Akh und var. Maschinenkosten gesamt	**0,0**	**5**	**0,9**	**14,7**	**0,0**	**0,0**	**203,98**

Ergebnisse

Direktkostenfreie Leistung (DfL) in € / ha	(Gesamtleistung - Direktkosten)	**139,97**
dito ohne sonstige Leistungen		-207,03
Deckungsbeitrag (€ / ha)	(DfL - var. Maschinenkosten gesamt)	**-64,01**
dito ohne sonstige Leistungen		-411,01
Arbeitskraftstunden eigen gesamt (Akh / ha)		**20,3**
Arbeitskraftstunden fremd gesamt (Akh / ha)		**0,0**
DB/Akh eigen: -3,15 €		

Tab. A11: Deckungsbeitragsberechnung von Silomais nach Wintererbsen/Roggen-Gemenge Frankenhausen 2000.

SM/WE-Ro - innerbetriebliche Nutzung als Viehfutter - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Produktionsverfahren (PV) :	Mais/Wintererbse	Ertrag SM	Ertrag WE/Ro	**Jahr:**	2000
Kultur :	Silomais/WE-Roggen	118 dt TM/ha	60,3 dt TM/ha		

Bruttoertrag (dt/ha):	118,4	Ø Ernte- und Gärverluste (Gew.-%) :	10
Gesamtverluste (% vom Bruttoeretrag)	10	Ø Lagerverluste (Gew.-%) :	0
Nettoertrag in dt/ha	106,56	Ø sonstige Verluste (Gew.-%) :	0
Futterpreis (€ / dt)	0,00		

Leistungen

Art der Leistung	**Bemerkungen**	**%**	**Menge** (dt / ha)	**€ / dt**	**€ /ha**
Silage	kein Verkauf, Nutzung als Viehfutter auf dem eigenen Betrieb,		106,56	0,00	0,00
	Fahrsilo auf Betriebsgelände				
Summe Marktleistung					**0,00**
sonst. Leistung	Ausgleichszahlung für Getreide in Hessen		347,00	€ / ha	347,00
Summe sonstige Leistungen					**347,00**
Gesamtleistung					**347,00**

Direktkosten

Kostenart	**Bemerkungen**									**€ / ha**
nicht proportionale Direktkosten										
Saatgut	Mais:	2,0	Einheiten/ ha, bei	70	€ / Einheit					140,00
Dünger	Anteil an der Erhaltungskalkung:			30	dt/ha à	3,00	€/dt für	3	Jahre	30,00
Silofolie	Mais									30,00
Saatgut	WE	0	Kg/ ha, bei	50	€ / dt					0,00
Saatgut	Roggen	0	Kg/ ha, bei	60	€ / dt					0,00
proportionale Direktkosten										
Versicherung	in Hessen :	7,03	€ je 1000 € Versicherungssumme, Wertansatz:					1000	€ / ha	7,03
Lohnkosten für Fremd-AK										
	für Handhacke, Ansatz:	9,00	€ / h Lohn (incl. Lohnnebenkosten) x					25	Akh	225,00
(Summe proportionale Direktkosten)										*232,03*
Summe der Direktkosten insgesamt										**432,03**

Silomais WE/Ro - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Arbeitsgänge, Akh- Bedarf und var. Maschinenkosten eigen und fremd

	Zeitspannen / Akh pro ha						var. MK
	FB	HH	GE	HE	SH	Rest	(€ /ha)
Eigene Arbeitsgänge und verwendete Maschinen							
Direktsaat, Spezialmaschine, 2,5m,45kW, 25kg/ha (MAI2)		1,3					22,25
Gülle, ab Hof, PTW, Schleppschlauch, 5m³, 6m, 45kW, 30m³ (JUN2)		2,5					31,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW, nach Gülle (JUN2)		0,9					7,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW (JUL2)			0,9				7,06
Silomais Häckseln mit Anbauhäcksler, einreihig, 45 kW (SEP1)				4,5			78,51
Silomaistransport, Dreiseitenkippanhänger 8t, 45 kW, (SEP2)				4,5			22,13
Silomais Verteilen und Walzen, Traktor, 5t, 45kW				4,5			22,17
Kalk ab Feld streuen, 35t/h, Frontlader, 37 kW Laden				0,0			0,09
4,0t, Anhängerschleuderstreuer, 45kW				0,1			0,91
Stoppelgrubbern, 2 m, 45 kW				1,0			12,74
Summe Akh eigen und var. Maschinenkosten eigen	**0,0**	**4,7**	**0,9**	**14,7**	**0,0**	**0,0**	**203,98**
Fremd-Akh und Fremdmaschinen							
Hacken von Hand im Lohn für 9 € /Akh			25,0				
Summe Akh fremd und var. Maschinenkosten fremd	**0,0**	**0**	**25,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,00**
Summe Akh und var. Maschinenkosten gesamt	**0,0**	**5**	**25,9**	**14,7**	**0,0**	**0,0**	**203,98**

Ergebnisse

Direktkostenfreie Leistung (DfL) in € / ha	(Gesamtleistung - Direktkosten)	**-85,03**
dito ohne sonstige Leistungen		-432,03
Deckungsbeitrag (€ / ha)	(DfL - var. Maschinenkosten gesamt)	**-289,01**
dito ohne sonstige Leistungen		-636,01
Arbeitskraftstunden eigen gesamt (Akh / ha)		**20,3**
Arbeitskraftstunden fremd gesamt (Akh / ha)		**25,0**
DB/Akh eigen: -14,24 €		

Tab. A12: Deckungsbeitragsberechnung von Silomais nach Zwischenfrucht, Frankenhausen 2000.

Silomais - innerbetriebliche Nutzung als Viehfutter - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Vergleichsvariante

Produktionsverfahren (PV) :	Mais	**Jahr:**	2000
Kultur :	Silomais		

Bruttoertrag (dt TM/ha) :	120,5	Ø Ernte- und Gärverluste (Gew.-%) :	10
Gesamtverluste (% vom Bruttoeretrag)	10	Ø Lagerverluste (Gew.-%) :	0
Nettoertrag in dt TM/ha	108,45	Ø sonstige Verluste (Gew.-%) :	0
Futterpreis (€ / dt)	0,00		

Gesamt Leistungen

Art der Leistung	**Bemerkungen**	**%**	**Menge** (dt / ha)	**€ / dt**	**€ /ha**
Silage	kein Verkauf, Nutzung als Viehfutter auf dem eigenen Betrieb,		108,45	0,00	0,00
Summe Marktleistung					**0,00**
sonst. Leistung	Ausgleichszahlung für Getreide in Hessen		347,00	€ / ha	347,00
Summe sonstige Leistungen					**347,00**
Gesamtleistung					**347,00**

Direktkosten

Kostenart	**Bemerkungen**									**€ / ha**
nicht proportionale Direktkosten										
Saatgut	Mais:	2,0	Einheiten/ ha	70	€ / Einheit					140,00
Saatgut	WE	0	kg/ ha, bei	50	€ / dt					0,00
	Ro	0	kg/ ha, bei	60	€ / dt					0,00
Dünger	Anteil an der Erhaltungskalkung:			30	dt/ha à	3,00	€/dt für	3	Jahre	30,00
Silofolie										30,00
proportionale Direktkosten										
Versicherung	in Hessen :	7,03	€ je 1000 € Versicherungssumme, Wertansatz:					1000	€ / ha	7,03
Lohnkosten für Fremd-AK	für Handhacke		9,00	€ / h Lohn (incl. Lohnnebenkosten) x				25	Akh	225,00
(Summe proportionale Direktkosten)										*232,03*
Summe der Direktkosten insgesamt										**432,03**

Silomais - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen, Vergleichsvariante

Arbeitsgänge, Akh- Bedarf und var. Maschinenkosten eigen und fremd

	Zeitspannen / Akh pro ha						var. MK
	FB	HH	GE	HE	SH	Rest	(€ /ha)
Eigene Arbeitsgänge und verwendete Maschinen							
Pflügen, Anbaudrehpflug, 3 Schare, 1,05m, 45 kW	2,8						37,72
Eggen mit Kreiselegge, doppelte Überfahrt, 3 m, 45 kW	2,2						31,44
Einzelkornsaat von Mais, 4 Reihen, 3,0m, 25kg/ha, 45kW (MAI1)	0,9						12,92
1x Blindstriegeln, 5m, 37kW (MAI1)		0,7					7,42
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW (Mai)		0,9					7,06
Gülle ab Hof, PTW, Schleppschlauch, 5m³, 6m, 45kW, 30m³		2,5					31,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW nach Gülle (JUN2)		0,9					7,06
Silomais Häckseln mit Anbauhäcksler, einreihig, 45 kW (SEP1)				4,5			78,51
Silomaistransport mit Dreiseitenkippanhänger 8t, 45 kW (SEP2)				4,5			22,13
Silomais Verteilen und Walzen, Traktor, 5t, 45kW				4,5			22,17
Kalk ab Feld streuen, 35t/h, Frontlader, 37 kW				0,0			0,70
4t, Anhängerschleuderstreuer, 45kW				0,1			0,91
Stoppelgrubbern, 2 m, 45 kW				1,0			12,74
Summe Akh eigen und var. Maschinenkosten eigen	**5,9**	**5,0**	**0,0**	**14,7**	**0,0**	**0,0**	**271,84**
Hacken von Hand im Lohn für 9 € /Akh			25,0				0,00
Mais häckseln im Lohn							
Summe Akh fremd und var. Maschinenkosten fremd	**0,0**	**0**	**25,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,00**
Summe Akh und var. Maschinenkosten gesamt	**5,9**	**5**	**25,0**	**14,7**	**0,0**	**0,0**	**271,84**

Ergebnisse

Direktkostenfreie Leistung (DfL) in € / ha	(Gesamtleistung - Direktkosten)	**-85,03**
dito ohne sonstige Leistungen		-432,03
Deckungsbeitrag (€ / ha)	(DfL - var. Maschinenkosten gesamt)	**-356,87**
dito ohne sonstige Leistungen		-703,9
Arbeitskraftstunden eigen gesamt (Akh / ha)		**25,6**
Arbeitskraftstunden fremd gesamt (Akh / ha)		**25,0**

DB/Akh eigen: -13,95 €

Tab. A13: Deckungsbeitragsberechnung von Wintererbsen und Silomais, Hebenshausen 2000/2001

SM/WE - innerbetriebliche Nutzung als Viehfutter - Schlaggröße 1 ha Hebenshausen

Produktionsverfahren (PV) :	Mais/Wintererbse	Ertrag SM	Ertrag WE	**Jahr:**	2002
Kultur :	Silomais/Wintererbse	148 dt/ha	57,3 dt/ha		

Bruttoertrag (dt/ha):525 (SM)+450(WE)	205	Ø Ernte- und Gärverluste (Gew.-%) :	10
Gesamtverluste (% vom Bruttoeretrag)	10	Ø Lagerverluste (Gew.-%) :	0
Nettoertrag in dt/ha	184,50	Ø sonstige Verluste (Gew.-%) :	0
Futterpreis (€ / dt)	0,00		

Leistungen

Art der Leistung	**Bemerkungen**	**%**	**Menge** (dt / ha)	**€ / dt**	**€ /ha**
Silage	kein Verkauf, Nutzung als Viehfutter auf dem eigenen Betrieb,		184,50	0,00	0,00
	Fahrsilo auf Betriebsgelände				
Summe Marktleistung					**0,00**
sonst. Leistung	Ausgleichszahlung für Getreide in Hessen		347,00	€ / ha	347,00
Summe sonstige Leistungen					**347,00**
Gesamtleistung					**347,00**

Direktkosten

Kostenart	**Bemerkungen**	**€ / ha**
	nicht proportionale Direktkosten	
Saatgut	Mais: 2,0 Einheiten/ ha, bei 70 € / Einheit	140,00
Dünger	Anteil an der Erhaltungskalkung: 30 dt/ha à 3,00 €/dt für 3 Jahre	30,00
Silofolie	2x WE und Mais	60,00
Saatgut	Wintererbse: 100 Kg/ ha, bei 50 € / dt	50,00
	proportionale Direktkosten	
Versicherung	in Hessen : 7,03 € je 1000 € Versicherungssumme, Wertansatz: 1000 € / ha	7,03
Lohnkosten für		
Fremd-AK	für Handhacke, Ansatz: 9,00 € / h Lohn (incl. Lohnnebenkosten) x 0 Akh	0,00
	(Summe proportionale Direktkosten)	*7,03*
Summe der Direktkosten insgesamt		**287,03**

Silomais Wintererbse - Schlaggröße 1 ha Hebenshausen

Arbeitsgänge, Akh- Bedarf und var. Maschinenkosten eigen und fremd

	Zeitspannen / Akh pro ha						var. MK
	FB	HH	GE	HE	SH	Rest	(€ /ha)
Eigene Arbeitsgänge und verwendete Maschinen							
Pflügen Anbaudrehpflug, 3 Schare, 1,05m, 45 kW				2,8			37,72
Eggen mit Kreiselegge, doppelte Überfahrt, 3 m, 45 kW (SEP1)				2,1			31,44
Säen mit Sämaschine, 3m, 45kW (SEP2)				1,0			8,91
Mähen mit Kreiselmähwerk, 1,7m, 37kW (MAI2)		1,1					10,48
Zetten/Wenden mit Kreiselzettwender 3,5m, 37kW (MAI2)		0,6					7,74
Schwaden mit Kreiselschwader, 3,0m, 45kW (MAI2)		0,9					9,94
Anwelkgut Bergen, Ladewagen,12m³, 1,7t, 45kW (MAI2)		3,2					31,30
Festfahren, Traktor, 37kW		3,2					4,16
Direktsaat, Spezialmaschine, 3m,45kW, (MAI2)		1,3					22,25
Gülle, ab Hof, PTW, Schleppschlauch, 5m³, 6m, 45kW, 30m³ (JUN2)		2,5					31,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW, nach Gülle (JUN2)		0,9					7,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW (JUL2)			0,9				7,06
Silomais Häckseln mit Anbauhäcksler, einreihig, 45 kW (SEP1)				4,5			78,51
Silomaistransport, Dreiseitenkippanhänger 8t, 45 kW, (SEP2)				4,5			22,13
Silomais Verteilen und Walzen, Traktor, 5t, 45kW				4,5			22,17
Kalk ab Feld streuen, 35t/h, Frontlader, 37 kW Laden				0,0			0,09
4,0t, Anhängerschleuderstreuer, 45kW				0,1			0,91
Stoppelgrubbern, 2 m, 45 kW				1,0			12,74
Summe Akh eigen und var. Maschinenkosten eigen	**0,0**	**13,7**	**0,9**	**20,6**	**0,0**	**0,0**	**345,67**
Fremd-Akh und Fremdmaschinen							
Summe Akh fremd und var. Maschinenkosten fremd	**0,0**	**0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,00**
Summe Akh und var. Maschinenkosten gesamt	**0,0**	**14**	**0,9**	**20,6**	**0,0**	**0,0**	**345,67**

Ergebnisse

Direktkostenfreie Leistung (DfL) in € / ha	(Gesamtleistung - Direktkosten)	**59,97**
dito ohne sonstige Leistungen		-287,03
Deckungsbeitrag (€ / ha)	(DfL - var. Maschinenkosten gesamt)	**-285,70**
dito ohne sonstige Leistungen		-632,70
Arbeitskraftstunden eigen gesamt (Akh / ha)		**35,2**
Arbeitskraftstunden fremd gesamt (Akh / ha)		**0,0**
DB/Akh eigen: -8,12 €		

Tab. A14: Deckungsbeitragsberechnung von "Silomais in Hauptfruchtstellung", Hebenshausen 2001.

Silomais - innerbetriebliche Nutzung als Viehfutter - Schlaggröße 1 ha Hebenshausen

Vergleichsvariante

Produktionsverfahren (PV) :	Mais	**Jahr:**	2001
Kultur :	Silomais		

Bruttoertrag (dt TM/ha) :	146,4	Ø Ernte- und Gärverluste (Gew.-%) :	10
Gesamtverluste (% vom Bruttoeretrag)	10	Ø Lagerverluste (Gew.-%) :	0
Nettoertrag in dt TM/ha	131,76	Ø sonstige Verluste (Gew.-%) :	0
Futterpreis (€ / dt)	0,00		

	Art der Leistung	Bemerkungen	%	Menge (dt / ha)	€ / dt	€ /ha
Gesamt Leistungen	Silage	kein Verkauf, Nutzung als Viehfutter auf dem eigenen Betrieb,		131,76	0,00	0,00
		Fahrsilo auf Betriebsgelände				
	Summe Marktleistung					**0,00**
	sonst. Leistung	Ausgleichszahlung für Getreide in Hessen		347,00	€ / ha	347,00
	Summe sonstige Leistungen					**347,00**
	Gesamtleistung					**347,00**

	Kostenart	Bemerkungen								€ / ha
Direktkosten	**nicht proportionale Direktkosten**									
	Saatgut	Mais:	2,0	Einheiten/ ha	70	€ / Einheit				140,00
	Saatgut	WE	0	kg/ ha, bei	50	€ / dt				0,00
		Ro	0	kg/ ha, bei	60	€ / dt				0,00
	Dünger	Anteil an der Erhaltungskalkung:			30	dt/ha à	3,00	€/dt für	3 Jahre	30,00
	Silofolie									30,00
	proportionale Direktkosten									
	Versicherung	in Hessen :	7,03	€ je 1000 € Versicherungssumme, Wertansatz:					1000 € / ha	7,03
	Lohnkosten für Fremd-AK	für Handhacke		9,00	€ / h Lohn (incl. Lohnnebenkosten) x				0 Akh	0,00
	(Summe proportionale Direktkosten)									*7,03*
	Summe der Direktkosten insgesamt									**207,03**

Silomais - Schlaggröße 1 ha Hebenshausen, Vergleichsvariante

Arbeitsgänge, Akh- Bedarf und var. Maschinenkosten eigen und fremd

	Zeitspannen / Akh pro ha						var. MK
	FB	HH	GE	HE	SH	Rest	(€ /ha)
Eigene Arbeitsgänge und verwendete Maschinen							
Pflügen, Anbaudrehpflug, 3 Schare, 1,05m, 45 kW				2,8			37,72
Eggen mit Kreiselegge, doppelte Überfahrt				2,2			31,44
Eggen mit Saatbettkombination, doppelte Überfahrt, 3 m, 45 kW	1,4						32,92
Einzelkornsaat von Mais, 4 Reihen, 3,0m, 25kg/ha, 45kW (MAI1)	0,9						12,92
1x Blindstriegeln, 5m, 37kW (MAI1)		0,7					7,42
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW (Mai)		0,9					7,06
Gülle ab Hof, PTW, Schleppschlauch, 5m³, 6m, 45kW, 30m³		2,5					31,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW nach Gülle (JUN2)		0,9					7,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW nach Gülle (JUL)		0,9					7,06
Silomais Häckseln mit Anbauhäcksler, einreihig, 45 kW (SEP1)				4,5			78,51
Silomaistransport mit Dreiseitenkippanhänger 8t, 45 kW (SEP2)				4,5			22,13
Silomais Verteilen und Walzen, Traktor, 5t, 45kW				4,5			22,17
Kalk ab Feld streuen, 35t/h, Frontlader, 37 kW				0,0			0,70
4t, Anhängerschleuderstreuer, 45kW				0,1			0,91
Stoppelgrubbern, 2 m, 45 kW				1,0			12,74
	2,4	**5,9**	**0,0**	**19,7**	**0,0**	**0,0**	**311,82**
Hacken von Hand im Lohn für 9 € /Akh							0,00
Mais häckseln im Lohn							
Summe Akh fremd und var. Maschinenkosten fremd	**0,0**	**0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,00**
Summe Akh und var. Maschinenkosten gesamt	**2,4**	**6**	**0,0**	**19,7**	**0,0**	**0,0**	**311,82**

Ergebnisse

Direktkostenfreie Leistung (DfL) in € / ha	(Gesamtleistung - Direktkosten)	**139,97**
dito ohne sonstige Leistungen		-207,03
Deckungsbeitrag (€ / ha)	(DfL - var. Maschinenkosten gesamt)	**-171,85**
dito ohne sonstige Leistungen		-518,9
Arbeitskraftstunden eigen gesamt (Akh / ha)		**27,9**
Arbeitskraftstunden fremd gesamt (Akh / ha)		**0,0**
DB/Akh eigen: -6,16 €		

Tab. A15: Deckungsbeitragsberechnung von Silomais nach Wintererbsen, Hebenshausen 2001.

SM/WE - innerbetriebliche Nutzung als Viehfutter - Schlaggröße 1 ha Hebenshausen

Produktionsverfahren (PV) :	Mais/Wintererbse	Ertrag SM	Ertrag WE	**Jahr:**	2002
Kultur :	Silomais/Wintererbse	148 dt/ha	57,3 dt/ha		

Bruttoertrag (dt/ha):525 (SM)+450(WE)	148	Ø Ernte- und Gärverluste (Gew.-%) :	10
Gesamtverluste (% vom Bruttoeretrag)	10	Ø Lagerverluste (Gew.-%) :	0
Nettoertrag in dt/ha	133,20	Ø sonstige Verluste (Gew.-%) :	0
Futterpreis (€ / dt)	0,00		

Leistungen

Art der Leistung	**Bemerkungen**	**%**	**Menge** (dt / ha)	**€ / dt**	**€ /ha**
Silage	kein Verkauf, Nutzung als Viehfutter auf dem eigenen Betrieb,		133,20	0,00	0,00
	Fahrsilo auf Betriebsgelände				
Summe Marktleistung					**0,00**
sonst. Leistung	Ausgleichszahlung für Getreide in Hessen		347,00	€ / ha	347,00
Summe sonstige Leistungen					**347,00**
Gesamtleistung					**347,00**

Direktkosten

Kostenart	**Bemerkungen**	**€ / ha**
	nicht proportionale Direktkosten	
Saatgut	Mais: 2,0 Einheiten/ ha, bei 70 € / Einheit	140,00
Dünger	Anteil an der Erhaltungskalkung: 30 dt/ha à 3,00 €/dt für 3 Jahre	30,00
Silofolie	Mais	30,00
Saatgut	Wintererbse: 0 Kg/ ha, bei 50 € / dt	0,00
	proportionale Direktkosten	
Versicherung	in Hessen : 7,03 € je 1000 € Versicherungssumme, Wertansatz: 1000 € / ha	7,03
Lohnkosten für		
Fremd-AK	für Handhacke, Ansatz: 9,00 € / h Lohn (incl. Lohnnebenkosten) x 0 Akh	0,00
	(Summe proportionale Direktkosten)	*7,03*
Summe der Direktkosten insgesamt		**207,03**

Silomais Wintererbse - Schlaggröße 1 ha Hebenshausen

Arbeitsgänge, Akh- Bedarf und var. Maschinenkosten eigen und fremd

	Zeitspannen / Akh pro ha						var. MK
	FB	HH	GE	HE	SH	Rest	(€ /ha)
Eigene Arbeitsgänge und verwendete Maschinen							
Direktsaat, Spezialmaschine, 3 m,45kW, (MAI2)		1,3					22,25
Gülle, ab Hof, PTW, Schleppschlauch, 5m³, 6m, 45kW, 30m³ (JUN2)		2,5					31,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW, nach Gülle (JUN2)		0,9					7,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW (JUL2)			0,9				7,06
Silomais Häckseln mit Anbauhäcksler, einreihig, 45 kW (SEP1)				4,5			78,51
Silomaistransport, Dreiseitenkippanhänger 8t, 45 kW, (SEP2)				4,5			22,13
Silomais Verteilen und Walzen, Traktor, 5t, 45kW				4,5			22,17
Kalk ab Feld streuen, 35t/h, Frontlader, 37 kW Laden				0,0			0,09
4,0t, Anhängerschleuderstreuer, 45kW				0,1			0,91
Stoppelgrubbern, 2 m, 45 kW				1,0			12,74
Summe Akh eigen und var. Maschinenkosten eigen	**0,0**	**4,7**	**0,9**	**14,7**	**0,0**	**0,0**	**203,98**
Fremd-Akh und Fremdmaschinen							
Summe Akh fremd und var. Maschinenkosten fremd	**0,0**	**0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,00**
Summe Akh und var. Maschinenkosten gesamt	**0,0**	**5**	**0,9**	**14,7**	**0,0**	**0,0**	**203,98**

Ergebnisse

Direktkostenfreie Leistung (DfL) in € / ha	(Gesamtleistung - Direktkosten)	**139,97**
dito ohne sonstige Leistungen		-207,03
Deckungsbeitrag (€ / ha)	(DfL - var. Maschinenkosten gesamt)	**-64,01**
dito ohne sonstige Leistungen		-411,01
Arbeitskraftstunden eigen gesamt (Akh / ha)		**20,3**
Arbeitskraftstunden fremd gesamt (Akh / ha)		**0,0**
DB/Akh eigen: -3,15 €		

Tab. A16: Deckungsbeitragsberechnung von Silomais ohne Zwischenfruchtanbau, Hebenshausen 2001.

Silomais - innerbetriebliche Nutzung als Viehfutter - Schlaggröße 1 ha Hebenshausen

Vergleichsvariante

Produktionsverfahren (PV) :	Mais	**Jahr:**	2001
Kultur :	Silomais		

Bruttoertrag (dt TM/ha) :	146,4	Ø Ernte- und Gärverluste (Gew.-%) :	10
Gesamtverluste (% vom Bruttoeretrag)	10	Ø Lagerverluste (Gew.-%) :	0
Nettoertrag in dt TM/ha	131,76	Ø sonstige Verluste (Gew.-%) :	0
Futterpreis (€ / dt)	0,00		

	Art der Leistung	Bemerkungen	%	Menge (dt / ha)	€ / dt	€ /ha
Gesamt Leistungen	Silage	kein Verkauf, Nutzung als Viehfutter auf dem eigenen Betrieb,		131,76	0,00	0,00
		Fahrsilo auf Betriebsgelände				
	Summe Marktleistung					**0,00**
	sonst. Leistung	Ausgleichszahlung für Getreide in Hessen		347,00	€ / ha	347,00
	Summe sonstige Leistungen					**347,00**
	Gesamtleistung					**347,00**

	Kostenart	Bemerkungen								€ / ha
Direktkosten	**nicht proportionale Direktkosten**									
	Saatgut	Mais:	2,0	Einheiten/ ha	70	€ / Einheit				140,00
	Saatgut	WE	0	kg/ ha, bei	50	€ / dt				0,00
		Ro	0	kg/ ha, bei	60	€ / dt				0,00
	Dünger	Anteil an der Erhaltungskalkung:			30	dt/ha à	3,00	€/dt für	3 Jahre	30,00
	Silofolie									30,00
	proportionale Direktkosten									
	Versicherung	in Hessen :	7,03	€ je 1000 € Versicherungssumme, Wertansatz:					1000 € / ha	7,03
	Lohnkosten für Fremd-AK	für Handhacke		9,00	€ / h Lohn (incl. Lohnnebenkosten) x				0 Akh	0,00
	(Summe proportionale Direktkosten)									*7,03*
	Summe der Direktkosten insgesamt									**207,03**

Silomais - Schlaggröße 1 ha Hebenshausen, Vergleichsvariante

Arbeitsgänge, Akh- Bedarf und var. Maschinenkosten eigen und fremd

	Zeitspannen / Akh pro ha						var. MK
	FB	HH	GE	HE	SH	Rest	(€ /ha)
Eigene Arbeitsgänge und verwendete Maschinen							
Pflügen, Anbaudrehpflug, 3 Schare, 1,05m, 45 kW				2,8			37,72
Eggen mit Kreiselegge, doppelte Überfahrt				2,2			31,44
Eggen mit Saatbettkombination, doppelte Überfahrt, 3 m, 45 kW	1,4						32,92
Einzelkornsaat von Mais, 4 Reihen, 3,0m, 25kg/ha, 45kW (MAI1)	0,9						12,92
1x Blindstriegeln, 5m, 37kW (MAI1)		0,7					7,42
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW (Mai)		0,9					7,06
Gülle ab Hof, PTW, Schleppschlauch, 5m³, 6m, 45kW, 30m³		2,5					31,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW nach Gülle (JUN2)		0,9					7,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW nach Gülle (JUL)		0,9					7,06
Silomais Häckseln mit Anbauhäcksler, einreihig, 45 kW (SEP1)				4,5			78,51
Silomaistransport mit Dreiseitenkippanhänger 8t, 45 kW (SEP2)				4,5			22,13
Silomais Verteilen und Walzen, Traktor, 5t, 45kW				4,5			22,17
Kalk ab Feld streuen, 35t/h, Frontlader, 37 kW				0,0			0,70
4t, Anhängerschleuderstreuer, 45kW				0,1			0,91
Stoppelgrubbern, 2 m, 45 kW				1,0			12,74
	2,4	**5,9**	**0,0**	**19,7**	**0,0**	**0,0**	**311,82**
Hacken von Hand im Lohn für 9 € /Akh							0,00
Mais häckseln im Lohn							
Summe Akh fremd und var. Maschinenkosten fremd	**0,0**	**0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,00**
Summe Akh und var. Maschinenkosten gesamt	**2,4**	**6**	**0,0**	**19,7**	**0,0**	**0,0**	**311,82**

Ergebnisse

Direktkostenfreie Leistung (DfL) in € / ha	(Gesamtleistung - Direktkosten)	**139,97**
dito ohne sonstige Leistungen		-207,03
Deckungsbeitrag (€ / ha)	(DfL - var. Maschinenkosten gesamt)	**-171,85**
dito ohne sonstige Leistungen		-518,9
Arbeitskraftstunden eigen gesamt (Akh / ha)		**27,9**
Arbeitskraftstunden fremd gesamt (Akh / ha)		**0,0**
DB/Akh eigen: -6,16 €		

Tab. A 17: Deckungsbeitragsberechnung von Wintererbsen und Silomais, Frankenhausen 2001/2002.

SM/WE - innerbetriebliche Nutzung als Viehfutter - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Produktionsverfahren (PV) :	Mais/Wintererbse	Ertrag SM	Ertrag WE	**Jahr:**	2002
Kultur :	Silomais/Wintererbse	156 dt/ha	54 dt/ha		

Bruttoertrag (dt/ha):525 (SM)+450(WE)	210,1	Ø Ernte- und Gärverluste (Gew.-%) :	10
Gesamtverluste (% vom Bruttoeretrag)	10	Ø Lagerverluste (Gew.-%) :	0
Nettoertrag in dt/ha	189,09	Ø sonstige Verluste (Gew.-%) :	0
Futterpreis (€ / dt)	0,00		

Leistungen

Art der Leistung	**Bemerkungen**	**%**	**Menge** (dt / ha)	**€ / dt**	**€ /ha**
Silage	kein Verkauf, Nutzung als Viehfutter auf dem eigenen Betrieb,		189,09	0,00	0,00
	Fahrsilo auf Betriebsgelände				
Summe Marktleistung					**0,00**
sonst. Leistung	Ausgleichszahlung für Getreide in Hessen		347,00	€ / ha	347,00
Summe sonstige Leistungen					**347,00**
Gesamtleistung					**347,00**

Direktkosten

Kostenart	**Bemerkungen**	**€ / ha**
	nicht proportionale Direktkosten	
Saatgut	Mais: 2,0 Einheiten/ ha, bei 70 € / Einheit	140,00
Dünger	Anteil an der Erhaltungskalkung: 30 dt/ha à 3,00 €/dt für 3 Jahre	30,00
Silofolie	2x WE und Mais	60,00
Saatgut	Wintererbse: 100 Kg/ ha, bei 50 € / dt	50,00
	proportionale Direktkosten	
Versicherung	in Hessen : 7,03 € je 1000 € Versicherungssumme, Wertansatz: 1000 € / ha	7,03
Lohnkosten für		
Fremd-AK	für Handhacke, Ansatz: 9,00 € / h Lohn (incl. Lohnnebenkosten) x 0 Akh	0,00
	(Summe proportionale Direktkosten)	*7,03*
Summe der Direktkosten insgesamt		**287,03**

Silomais Wintererbse - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Arbeitsgänge, Akh- Bedarf und var. Maschinenkosten eigen und fremd

	Zeitspannen / Akh pro ha						var. MK
	FB	HH	GE	HE	SH	Rest	(€ /ha)
Eigene Arbeitsgänge und verwendete Maschinen							
Pflügen Anbaudrehpflug, 3 Schare, 1,05m, 45 kW, Packer				2,8			44,72
Eggen mit Kreiselegge, 3 m, 45 kW (SEP1)				1,1			15,72
Säen mit Sämaschine, 3m, 45kW (SEP2)				1,0			8,91
Mähen mit Kreiselmähwerk, 1,7m, 37kW (MAI2)		1,1					10,48
Zetten/Wenden mit Kreiselzettwender 3,5m, 37kW (MAI2)		0,6					7,74
Schwaden mit Kreiselschwader, 3,0m, 45kW (MAI2)		0,9					9,94
Anwelkgut Bergen, Ladewagen,12m³, 1,7t, 45kW (MAI2)		3,2					31,30
Festfahren, Traktor, 37kW		3,2					4,16
Direktsaat, Spezialmaschine, 2,5m,45kW, 25kg/ha (MAI2)		1,3					22,25
Gülle, ab Hof, PTW, Schleppschlauch, 5m³, 6m, 45kW, 30m³ (JUN2)		2,5					31,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW, nach Gülle (JUN2)		0,9					7,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW (JUL2)			0,9				7,06
Silomais Häckseln mit Anbauhäcksler, einreihig, 45 kW (SEP1)				4,5			78,51
Silomaistransport, Dreiseitenkippanhänger 8t, 45 kW, (SEP2)				4,5			22,13
Silomais Verteilen und Walzen, Traktor, 5t, 45kW				4,5			22,17
Kalk ab Feld streuen, 35t/h, Frontlader, 37 kW Laden				0,0			0,09
4,0t, Anhängerschleuderstreuer, 45kW				0,1			0,91
Stoppelgrubbern, 2 m, 45 kW				1,0			12,74
Summe Akh eigen und var. Maschinenkosten eigen	**0,0**	**13,7**	**0,9**	**19,6**	**0,0**	**0,0**	**336,95**
Fremd-Akh und Fremdmaschinen							
Summe Akh fremd und var. Maschinenkosten fremd	**0,0**	**0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,00**
Summe Akh und var. Maschinenkosten gesamt	**0,0**	**14**	**0,9**	**19,6**	**0,0**	**0,0**	**336,95**

Ergebnisse

Direktkostenfreie Leistung (DfL) in € / ha	(Gesamtleistung - Direktkosten)	**59,97**
dito ohne sonstige Leistungen		-287,03
Deckungsbeitrag (€ / ha)	(DfL - var. Maschinenkosten gesamt)	**-276,98**
dito ohne sonstige Leistungen		-623,98
Arbeitskraftstunden eigen gesamt (Akh / ha)		**34,2**
Arbeitskraftstunden fremd gesamt (Akh / ha)		**0,0**
DB/Akh eigen: -8,11 €		

Tab. A18: Deckungsbeitragsberechnung von Wintererbsen/Roggen-Gemenge und Silomais, Frankenhausen 2001/2002

SM/WE-Ro - innerbetriebliche Nutzung als Viehfutter - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Produktionsverfahren (PV) :	Mais/Wintererbse	Ertrag SM	Ertrag WE/Ro	**Jahr:**	2002
Kultur :	Silomais/WE-Roggen	143 dt TM/ha	69,1 dt TM/ha		

Bruttoertrag (dt/ha):525 (SM)+450(WE)	212,1	Ø Ernte- und Gärverluste (Gew.-%) :	10
Gesamtverluste (% vom Bruttoeretrag)	10	Ø Lagerverluste (Gew.-%) :	0
Nettoertrag in dt/ha	190,89	Ø sonstige Verluste (Gew.-%) :	0
Futterpreis (€ / dt)	0,00		

Leistungen

Art der Leistung	**Bemerkungen**	**%**	**Menge** (dt / ha)	**€ / dt**	**€ /ha**
Silage	kein Verkauf, Nutzung als Viehfutter auf dem eigenen Betrieb,		190,89	0,00	0,00
	Fahrsilo auf Betriebsgelände				
Summe Marktleistung					**0,00**
sonst. Leistung	Ausgleichszahlung für Getreide in Hessen		347,00	€ / ha	347,00
Summe sonstige Leistungen					**347,00**
Gesamtleistung					**347,00**

Direktkosten

Kostenart	**Bemerkungen**									**€ / ha**
nicht proportionale Direktkosten										
Saatgut	Mais:	2,0	Einheiten/ ha, bei	70	€ / Einheit					140,00
Dünger	Anteil an der Erhaltungskalkung:			30	dt/ha à	3,00	€/dt für	3	Jahre	30,00
Silofolie	2x WE/Ro und Mais									60,00
Saatgut	WE	50	Kg/ ha, bei	50	€ / dt					25,00
Saatgut	Roggen	58	Kg/ ha, bei	60	€ / dt					34,80
proportionale Direktkosten										
Versicherung	in Hessen :	7,03	€ je 1000 € Versicherungssumme, Wertansatz:					1000	€ / ha	7,03
Lohnkosten für Fremd-AK										
	für Handhacke, Ansatz:	9,00	€ / h Lohn (incl. Lohnnebenkosten) x					25	Akh	225,00
(Summe proportionale Direktkosten)										*232,03*
Summe der Direktkosten insgesamt										**521,83**

Silomais WE/Ro - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen 2. Termin

Arbeitsgänge, Akh- Bedarf und var. Maschinenkosten eigen und fremd

	Zeitspannen / Akh pro ha						var. MK
	FB	HH	GE	HE	SH	Rest	(€ /ha)
Eigene Arbeitsgänge und verwendete Maschinen							
Pflügen Anbaudrehpflug, 3 Schare, 1,05m, 45 kW, Packer				2,8			44,72
Eggen mit Kreiselegge, 3 m, 45 kW (SEP1)				1,1			15,72
Säen mit Sämaschine, 3m, 45kW (SEP2)				1,0			8,91
Mähen mit Kreiselmähwerk, 1,7m, 37kW (MAI2)		1,1					10,48
Zetten/Wenden mit Kreiselzettwender 3,5m, 37kW (MAI2)		0,6					7,74
Schwaden mit Kreiselschwader, 3,0m, 45kW (MAI2)		0,9					9,94
Anwelkgut Bergen, Ladewagen,12m³, 1,7t, 45kW (MAI2)		3,2					31,30
Festfahren, Traktor, 37kW		3,2					4,16
Direktsaat, Spezialmaschine, 2,5m,45kW, 25kg/ha (MAI2)		1,3					22,25
Gülle, ab Hof, PTW, Schleppschlauch, 5m³, 6m, 45kW, 30m³ (JUN2)		2,5					31,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW, nach Gülle (JUN2)		0,9					7,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW (JUL2)			0,9				7,06
Silomais Häckseln mit Anbauhäcksler, einreihig, 45 kW (SEP1)				4,5			78,51
Silomaistransport, Dreiseitenkippanhänger 8t, 45 kW, (SEP2)				4,5			22,13
Silomais Verteilen und Walzen, Traktor, 5t, 45kW				4,5			22,17
Kalk ab Feld streuen, 35t/h, Frontlader, 37 kW Laden				0,0			0,09
4,0t, Anhängerschleuderstreuer, 45kW				0,1			0,91
Stoppelgrubbern, 2 m, 45 kW				1,0			12,74
Summe Akh eigen und var. Maschinenkosten eigen	**0,0**	**13,7**	**0,9**	**19,6**	**0,0**	**0,0**	**336,95**
Fremd-Akh und Fremdmaschinen							
Hacken von Hand im Lohn für 9 € /Akh			25,0				
Summe Akh fremd und var. Maschinenkosten fremd	**0,0**	**0**	**25,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,00**
Summe Akh und var. Maschinenkosten gesamt	**0,0**	**14**	**25,9**	**19,6**	**0,0**	**0,0**	**336,95**

Ergebnisse

Direktkostenfreie Leistung (DfL) in € / ha	(Gesamtleistung - Direktkosten)	**-174,83**
dito ohne sonstige Leistungen		-521,83
Deckungsbeitrag (€ / ha)	(DfL - var. Maschinenkosten gesamt)	**-511,78**
dito ohne sonstige Leistungen		-858,78
Arbeitskraftstunden eigen gesamt (Akh / ha)		**34,2**
Arbeitskraftstunden fremd gesamt (Akh / ha)		**25,0**
DB/Akh eigen: -14,98 €		

Tab. A19: Deckungsbeitragsberechnung von "Silomais in Hauptfruchtstellung", Frankenhausen 2001/2002.

Silomais - innerbetriebliche Nutzung als Viehfutter - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Vergleichsvariante

Produktionsverfahren (PV) :	Mais	**Jahr:**	2002
Kultur :	Silomais		

Bruttoertrag (dt TM/ha) :	182	Ø Ernte- und Gärverluste (Gew.-%) :	10
Gesamtverluste (% vom Bruttoeretrag)	10	Ø Lagerverluste (Gew.-%) :	0
Nettoertrag in dt TM/ha	163,80	Ø sonstige Verluste (Gew.-%) :	0
Futterpreis (€ / dt)	0,00		

	Art der Leistung	Bemerkungen	%	Menge (dt / ha)	€ / dt	€ /ha
Gesamt Leistungen	Silage	kein Verkauf, Nutzung als Viehfutter auf dem eigenen Betrieb,		163,80	0,00	0,00
		Fahrsilo auf Betriebsgelände				
	Summe Marktleistung					**0,00**
	sonst. Leistung	Ausgleichszahlung für Getreide in Hessen		347,00	€ / ha	347,00
	Summe sonstige Leistungen					**347,00**
	Gesamtleistung					**347,00**

	Kostenart	Bemerkungen								€ / ha
Direktkosten	**nicht proportionale Direktkosten**									
	Saatgut	Mais:	2,0	Einheiten/ ha	70	€ / Einheit				140,00
	Saatgut	WE	50	kg/ ha, bei	50	€ / dt				25,00
		Ro	58	kg/ ha, bei	60	€ / dt				34,80
	Dünger	Anteil an der Erhaltungskalkung:			30	dt/ha à	3,00	€/dt für	3 Jahre	30,00
	Silofolie									30,00
	proportionale Direktkosten									
	Versicherung	in Hessen :	7,03	€ je 1000 € Versicherungssumme, Wertansatz:					1000 € / ha	7,03
	Lohnkosten für Fremd-AK	für Handhacke		9,00	€ / h Lohn (incl. Lohnnebenkosten) x				25 Akh	225,00
	(Summe proportionale Direktkosten)									*232,03*
	Summe der Direktkosten insgesamt									**491,83**

Silomais - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Arbeitsgänge, Akh- Bedarf und var. Maschinenkosten eigen und fremd

	Zeitspannen / Akh pro ha						var. MK
	FB	HH	GE	HE	SH	Rest	(€ /ha)
Eigene Arbeitsgänge und verwendete Maschinen							
Pflügen, Anbaudrehpflug, 3 Schare, 1,05m, 45 kW; Packer				2,8			44,72
Eggen mit Kreiselegge, 3 m, 45 kW (SEP1)				1,1			15,72
Säen mit Sämaschine, 3m, 45kW (SEP2) Winterzwischenfrucht				1,0			8,91
Pflügen, Anbaudrehpflug, 3 Schare, 1,05m, 45 kW	2,8						37,72
Eggen mit Kreiselegge, doppelte Überfahrt, 3 m, 45 kW	2,2						31,44
Einzelkornsaat von Mais, 4 Reihen, 3,0m, 25kg/ha, 45kW (MAI1)	0,9						12,92
1x Blindstriegeln, 5m, 37kW (MAI1)		0,7					7,42
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW (JUN1)		0,9					7,06
Gülle ab Hof, PTW, Schleppschlauch, 5m³, 6m, 45kW, 30m³		2,5					31,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW nach Gülle (JUN2)		0,9					7,06
Handhacke in der Reihe (Fremd AK)							
Silomais Häckseln mit Anbauhäcksler, einreihig, 45 kW (SEP1)				4,5			78,51
Silomaistransport mit Dreiseitenkippanhänger 8t, 45 kW (SEP2)				4,5			22,13
Silomais Verteilen und Walzen, Traktor, 5t, 45kW				4,5			22,17
Kalk ab Feld streuen, 35t/h, Frontlader, 37 kW				0,0			0,70
4t, Anhängerschleuderstreuer, 45kW				0,1			0,91
Stoppelgrubbern, 2 m, 45 kW				1,0			12,74
	5,9	**5,0**	**0,0**	**19,6**	**0,0**	**0,0**	**341,19**
Hacken von Hand im Lohn für 9 € /Akh			25,0				0,00
Mais häckseln im Lohn							
Summe Akh fremd und var. Maschinenkosten fremd	**0,0**	**0**	**25,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,00**
Summe Akh und var. Maschinenkosten gesamt	**5,9**	**5**	**25,0**	**19,6**	**0,0**	**0,0**	**341,19**

Ergebnisse

Direktkostenfreie Leistung (DfL) in € / ha	(Gesamtleistung - Direktkosten)	**-144,83**
dito ohne sonstige Leistungen		-491,83
Deckungsbeitrag (€ / ha)	(DfL - var. Maschinenkosten gesamt)	**-486,02**
dito ohne sonstige Leistungen		-833,0
Arbeitskraftstunden eigen gesamt (Akh / ha)		**30,5**
Arbeitskraftstunden fremd gesamt (Akh / ha)		**25,0**
DB/Akh eigen: -15,94 €		

Tab. A20: Deckungsbeitragsberechnung von Silomais nach Wintererbsen, Frankenhausen 2002.

SM/WE - innerbetriebliche Nutzung als Viehfutter - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Produktionsverfahren (PV) :	Mais/Wintererbse	Ertrag SM	Ertrag WE	**Jahr:**	2002
Kultur :	Silomais/Wintererbse	156 dt/ha	54 dt/ha		

Bruttoertrag (dt/ha):525 (SM)+450(WE)	156	Ø Ernte- und Gärverluste (Gew.-%) :	10
Gesamtverluste (% vom Bruttoeretrag)	10	Ø Lagerverluste (Gew.-%) :	0
Nettoertrag in dt/ha	140,40	Ø sonstige Verluste (Gew.-%) :	0
Futterpreis (€ / dt)	0,00		

Leistungen

Art der Leistung	**Bemerkungen**	**%**	**Menge** (dt / ha)	**€ / dt**	**€ /ha**
Silage	kein Verkauf, Nutzung als Viehfutter auf dem eigenen Betrieb,		140,40	0,00	0,00
	Fahrsilo auf Betriebsgelände				
Summe Marktleistung					**0,00**
sonst. Leistung	Ausgleichszahlung für Getreide in Hessen		347,00	€ / ha	347,00
Summe sonstige Leistungen					**347,00**
Gesamtleistung					**347,00**

Direktkosten

Kostenart	**Bemerkungen**	**€ / ha**
	nicht proportionale Direktkosten	
Saatgut	Mais: 2,0 Einheiten/ ha, bei 70 € / Einheit	140,00
Dünger	Anteil an der Erhaltungskalkung: 30 dt/ha à 3,00 €/dt für 3 Jahre	30,00
Silofolie	Mais	30,00
Saatgut	Wintererbse: 0 Kg/ ha, bei 50 € / dt	0,00
	proportionale Direktkosten	
Versicherung	in Hessen : 7,03 € je 1000 € Versicherungssumme, Wertansatz: 1000 € / ha	7,03
Lohnkosten für		
Fremd-AK	für Handhacke, Ansatz: 9,00 € / h Lohn (incl. Lohnnebenkosten) x 0 Akh	0,00
	(Summe proportionale Direktkosten)	*7,03*
Summe der Direktkosten insgesamt		**207,03**

Silomais Wintererbse - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Arbeitsgänge, Akh- Bedarf und var. Maschinenkosten eigen und fremd

	Zeitspannen / Akh pro ha						var. MK
	FB	HH	GE	HE	SH	Rest	(€ /ha)
Eigene Arbeitsgänge und verwendete Maschinen							
Direktsaat, Spezialmaschine, 3m,45kW, (MAI2)		1,3					22,25
Gülle, ab Hof, PTW, Schleppschlauch, 5m³, 6m, 45kW, 30m³ (JUN2)		2,5					31,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW, nach Gülle (JUN2)		0,9					7,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW (JUL2)			0,9				7,06
Silomais Häckseln mit Anbauhäcksler, einreihig, 45 kW (SEP1)				4,5			78,51
Silomaistransport, Dreiseitenkippanhänger 8t, 45 kW, (SEP2)				4,5			22,13
Silomais Verteilen und Walzen, Traktor, 5t, 45kW				4,5			22,17
Kalk ab Feld streuen, 35t/h, Frontlader, 37 kW Laden				0,0			0,09
4,0t, Anhängerschleuderstreuer, 45kW				0,1			0,91
Stoppelgrubbern, 2 m, 45 kW				1,0			12,74
Summe Akh eigen und var. Maschinenkosten eigen	**0,0**	**4,7**	**0,9**	**14,7**	**0,0**	**0,0**	**203,98**
Fremd-Akh und Fremdmaschinen							
Summe Akh fremd und var. Maschinenkosten fremd	**0,0**	**0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,00**
Summe Akh und var. Maschinenkosten gesamt	**0,0**	**5**	**0,9**	**14,7**	**0,0**	**0,0**	**203,98**

Ergebnisse

Direktkostenfreie Leistung (DfL) in € / ha	(Gesamtleistung - Direktkosten)	**139,97**
dito ohne sonstige Leistungen		-207,03
Deckungsbeitrag (€ / ha)	(DfL - var. Maschinenkosten gesamt)	**-64,01**
dito ohne sonstige Leistungen		-411,01
Arbeitskraftstunden eigen gesamt (Akh / ha)		**20,3**
Arbeitskraftstunden fremd gesamt (Akh / ha)		**0,0**
DB/Akh eigen: -3,15 €		

Tab A 21: Deckungsbeitragsberechnung von Silomais nach Wintererbsen/Roggen - Gemenge, Frankenhausen 2002.

SM/WE-Ro - innerbetriebliche Nutzung als Viehfutter - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Produktionsverfahren (PV) :	Mais/Wintererbse	Ertrag SM	Ertrag WE/Ro	**Jahr:**	2002
Kultur :	Silomais/WE-Roggen	143 dt TM/ha	69,1 dt TM/ha		

Bruttoertrag (dt/ha):525 (SM)+450(WE)	143	Ø Ernte- und Gärverluste (Gew.-%) :	10
Gesamtverluste (% vom Bruttoeretrag)	10	Ø Lagerverluste (Gew.-%) :	0
Nettoertrag in dt/ha	128,70	Ø sonstige Verluste (Gew.-%) :	0
Futterpreis (€ / dt)	0,00		

Leistungen

Art der Leistung	**Bemerkungen**	**%**	**Menge** (dt / ha)	**€ / dt**	**€ /ha**
Silage	kein Verkauf, Nutzung als Viehfutter auf dem eigenen Betrieb,		128,70	0,00	0,00
	Fahrsilo auf Betriebsgelände				
Summe Marktleistung					**0,00**
sonst. Leistung	Ausgleichszahlung für Getreide in Hessen		347,00	€ / ha	347,00
Summe sonstige Leistungen					**347,00**
Gesamtleistung					**347,00**

Direktkosten

Kostenart	**Bemerkungen**									**€ / ha**
nicht proportionale Direktkosten										
Saatgut	Mais:	2,0	Einheiten/ ha, bei	70	€ / Einheit					140,00
Dünger	Anteil an der Erhaltungskalkung:			30	dt/ha à	3,00	€/dt für	3	Jahre	30,00
Silofolie	Mais									30,00
Saatgut	WE	0	Kg/ ha, bei	50	€ / dt					0,00
Saatgut	Roggen	0	Kg/ ha, bei	60	€ / dt					0,00
proportionale Direktkosten										
Versicherung	in Hessen :	7,03	€ je 1000 € Versicherungssumme, Wertansatz:					1000	€ / ha	7,03
Lohnkosten für Fremd-AK										
	für Handhacke, Ansatz:	9,00	€ / h Lohn (incl. Lohnnebenkosten) x					25	Akh	225,00
(Summe proportionale Direktkosten)										*232,03*
Summe der Direktkosten insgesamt										**432,03**

Silomais WE/Ro - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen

Arbeitsgänge, Akh- Bedarf und var. Maschinenkosten eigen und fremd

	Zeitspannen / Akh pro ha						var. MK
	FB	HH	GE	HE	SH	Rest	(€ /ha)
Eigene Arbeitsgänge und verwendete Maschinen							
Direktsaat, Spezialmaschine, 3m,45kW, (MAI2)		1,3					22,25
Gülle, ab Hof, PTW, Schleppschlauch, 5m³, 6m, 45kW, 30m³ (JUN2)		2,5					31,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW, nach Gülle (JUN2)		0,9					7,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW (JUL2)			0,9				7,06
Silomais Häckseln mit Anbauhäcksler, einreihig, 45 kW (SEP1)				4,5			78,51
Silomaistransport, Dreiseitenkippanhänger 8t, 45 kW, (SEP2)				4,5			22,13
Silomais Verteilen und Walzen, Traktor, 5t, 45kW				4,5			22,17
Kalk ab Feld streuen, 35t/h, Frontlader, 37 kW Laden				0,0			0,09
4,0t, Anhängerschleuderstreuer, 45kW				0,1			0,91
Stoppelgrubbern, 2 m, 45 kW				1,0			12,74
Summe Akh eigen und var. Maschinenkosten eigen	**0,0**	**4,7**	**0,9**	**14,7**	**0,0**	**0,0**	**203,98**
Fremd-Akh und Fremdmaschinen							
Hacken von Hand im Lohn für 9 € /Akh			25,0				
Summe Akh fremd und var. Maschinenkosten fremd	**0,0**	**0**	**25,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,00**
Summe Akh und var. Maschinenkosten gesamt	**0,0**	**5**	**25,9**	**14,7**	**0,0**	**0,0**	**203,98**

Ergebnisse

Direktkostenfreie Leistung (DfL) in € / ha	(Gesamtleistung - Direktkosten)	**-85,03**
dito ohne sonstige Leistungen		-432,03
Deckungsbeitrag (€ / ha)	(DfL - var. Maschinenkosten gesamt)	**-289,01**
dito ohne sonstige Leistungen		-636,01
Arbeitskraftstunden eigen gesamt (Akh / ha)		**20,3**
Arbeitskraftstunden fremd gesamt (Akh / ha)		**25,0**
DB/Akh eigen: -14,24 €		

Tab. A22: Deckungsbeitragsberechnung von Silomais nach Zwischenfrucht, Frankenhausen 2002.

Silomais - innerbetriebliche Nutzung als Viehfutter - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen
Vergleichsvariante

Produktionsverfahren (PV) :	Mais	**Jahr:**	2002
Kultur :	Silomais		

Bruttoertrag (dt TM/ha) :	182	Ø Ernte- und Gärverluste (Gew.-%) :	10
Gesamtverluste (% vom Bruttoeretrag)	10	Ø Lagerverluste (Gew.-%) :	0
Nettoertrag in dt TM/ha	163,80	Ø sonstige Verluste (Gew.-%) :	0
Futterpreis (€ / dt)	0,00		

	Art der Leistung	Bemerkungen	%	Menge (dt / ha)	€ / dt	€ /ha
Gesamt Leistungen	Silage	kein Verkauf, Nutzung als Viehfutter auf dem eigenen Betrieb,		163,80	0,00	0,00
		Fahrsilo auf Betriebsgelände				
	Summe Marktleistung					**0,00**
	sonst. Leistung	Ausgleichszahlung für Getreide in Hessen		347,00	€ / ha	347,00
	Summe sonstige Leistungen					**347,00**
	Gesamtleistung					**347,00**

	Kostenart	Bemerkungen								€ / ha
Direktkosten	**nicht proportionale Direktkosten**									
	Saatgut	Mais:	2,0	Einheiten/ ha	70	€ / Einheit				140,00
	Saatgut	WE	0	kg/ ha, bei	50	€ / dt				0,00
		Ro	0	kg/ ha, bei	60	€ / dt				0,00
	Dünger	Anteil an der Erhaltungskalkung:			30	dt/ha à	3,00	€/dt für	3 Jahre	30,00
	Silofolie									30,00
	proportionale Direktkosten									
	Versicherung	in Hessen :	7,03	€ je 1000 € Versicherungssumme, Wertansatz:					1000 € / ha	7,03
	Lohnkosten für Fremd-AK	für Handhacke		9,00	€ / h Lohn (incl. Lohnnebenkosten) x				25 Akh	225,00
	(Summe proportionale Direktkosten)									*232,03*
	Summe der Direktkosten insgesamt									**432,03**

Silomais - Schlaggröße 1 ha Frankenhausen Vergleich

Arbeitsgänge, Akh- Bedarf und var. Maschinenkosten eigen und fremd

	Zeitspannen / Akh pro ha						var. MK
	FB	HH	GE	HE	SH	Rest	(€ /ha)
Eigene Arbeitsgänge und verwendete Maschinen							
Pflügen, Anbaudrehpflug, 3 Schare, 1,05m, 45 kW	2,8						37,72
Eggen mit Kreiselegge, doppelte Überfahrt, 3 m, 45 kW	2,2						31,44
Einzelkornsaat von Mais, 4 Reihen, 3,0m, 25kg/ha, 45kW (MAI1)	0,9						12,92
1x Blindstriegeln, 5m, 37kW (MAI1)		0,7					7,42
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW (JUN1)		0,9					7,06
Gülle ab Hof, PTW, Schleppschlauch, 5m³, 6m, 45kW, 30m³		2,5					31,06
Maishacken mit Hackmaschine, 4 - reihig, 45kW nach Gülle (JUN2)		0,9					7,06
Handhacke in der Reihe (Fremd AK)							
Silomais Häckseln mit Anbauhäcksler, einreihig, 45 kW (SEP1)				4,5			78,51
Silomaistransport mit Dreiseitenkippanhänger 8t, 45 kW (SEP2)				4,5			22,13
Silomais Verteilen und Walzen, Traktor, 5t, 45kW				4,5			22,17
Kalk ab Feld streuen, 35t/h, Frontlader, 37 kW				0,0			0,70
4t, Anhängerschleuderstreuer, 45kW				0,1			0,91
Stoppelgrubbern, 2 m, 45 kW				1,0			12,74
	5,9	**5,0**	**0,0**	**14,7**	**0,0**	**0,0**	**271,84**
Hacken von Hand im Lohn für 9 € /Akh			25,0				0,00
Mais häckseln im Lohn							
Summe Akh fremd und var. Maschinenkosten fremd	**0,0**	**0**	**25,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,00**
Summe Akh und var. Maschinenkosten gesamt	**5,9**	**5**	**25,0**	**14,7**	**0,0**	**0,0**	**271,84**

Ergebnisse

Direktkostenfreie Leistung (DfL) in € / ha	(Gesamtleistung - Direktkosten)	**-85,03**
dito ohne sonstige Leistungen		-432,03
Deckungsbeitrag (€ / ha)	(DfL - var. Maschinenkosten gesamt)	**-356,87**
dito ohne sonstige Leistungen		-703,9
Arbeitskraftstunden eigen gesamt (Akh / ha)		**25,6**
Arbeitskraftstunden fremd gesamt (Akh / ha)		**25,0**
DB/Akh eigen: -13,95 €		

Tab. A 23: N_{min}-Gehalte in kg/ha im Zeitraum 1998/1999, Frankenhausen.

Datum	Tiefe	We 0	WE 40	WE 80	WE/Ro 0	WE/Ro 40	WE/Ro 80
23.09.98	0-30	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9	51,9
	30-60	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0
	60-90	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2
	Summe	**82,1**	**82,1**	**82,1**	**82,1**	**82,1**	**82,1**
04.12.98	0-30	31,6	31,6	31,6	28,6	28,6	28,6
	30-60	16,8	16,8	16,8	17,5	17,5	17,5
	60-90	12,1	12,1	12,1	8,3	8,3	8,3
	Summe	**60,5 a**	**60,5 a**	**60,5 a**	**54,4 a**	**54,4 a**	**54,4 a**
11.03.99	0-30	6,5	6,5	6,5	4,6	4,6	4,6
	30-60	7,4	7,4	7,4	6,2	6,2	6,2
	60-90	14,1	14,1	14,1	7,9	7,9	7,9
	Summe	**28 a**	**28 a**	**28 a**	**18,7 a**	**18,7 a**	**18,7 a**
28.05.99	0-30	12,3	12,3	12,3	10,1	10,1	10,1
	30-60	4,7	4,7	4,7	2,7	2,7	2,7
	60-90	2,5	2,5	2,5	1,5	1,5	1,5
	Summe	**19,5 a**	**19,5 a**	**19,5 a**	**14,3 a**	**14,3 a**	**14,3 a**
20.07.99	0-30	21,0	21,0	26,1	19,6	22,3	20,8
	30-60	11,1	10,2	13,7	7,9	7,7	12,9
	60-90	10,9	10,1	13,3	6,6	6,1	7,7
	Summe	**43 b**	**41,3 b**	**53,1 a**	**34,1 c**	**36,1 b**	**41,4 b**
07.10.99	0-30	7,6	6,9	7,4	5,6	6,0	5,1
	30-60	3,8	4,1	4,2	3,3	2,9	3,1
	60-90	2,8	3,0	3,1	2,7	2,4	1,9
	Summe	**14,2 a**	**14,0 a**	**14,7 a**	**11,6 a**	**11,3 a**	**10,1 a**
02.12.99	0-30	12,3	13,1	12,7	14,3	11,9	12,9
	30-60	6,4	7,8	6,8	8,9	5,7	8,3
	60-90	3,5	4,8	5,6	5,2	5,5	5,4
	Summe	**22,2 a**	**25,7 a**	**25,1 a**	**28,4 a**	**23,1 a**	**26,6 a**

Tab. A 24: N_{min}-Gehalte in kg/ha im Zeitraum 1999/2000, Frankenhausen.

Datum	Tiefe	We 0	WE 40	WE 80	WE/Ro 0	WE/Ro 40	WE/Ro 80	Vergleich
04.10.99	0-30	39,8	39,8	39,8	39,8	39,8	39,8	39,8
	30-60	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4
	60-90	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2
	Summe	**62,4**	**62,4**	**62,4**	**62,4**	**62,4**	**62,4**	**62,4**
02.12.99	0-30	37,6	37,6	37,6	36,3	36,3	36,3	36,3
	30-60	35,2	35,2	35,2	31,1	31,1	31,1	31,1
	60-90	12,0	12,0	12,0	9,8	9,8	9,8	9,8
	Summe	**84,8 a**	**84,8 a**	**84,8 a**	**77,2 a**	**77,2 a**	**77,2 a**	**77,2 a**
22.02.00	0-30	11,2	11,2	11,2	10,2	10,2	10,2	10,2
	30-60	13,6	13,6	13,6	11,9	11,9	11,9	11,9
	60-90	29,8	29,8	29,8	31,7	31,7	31,7	31,7
	Summe	**54,6 a**	**54,6 a**	**54,6 a**	**53,8 a**	**53,8 a**	**53,8 a**	**53,8 a**
29.05.00	0-30	13,5	13,5	13,5	10,3	10,3	10,3	45,7
	30-60	6,2	6,2	6,2	4,2	4,2	4,2	22,6
	60-90	3,2	3,2	3,2	2,4	2,4	2,4	10,2
	Summe	**22,9 a**	**22,9 a**	**22,9 a**	**16,9 a**	**16,9 a**	**16,9 a**	**78,5 ***
								*30.04.
27.07.00	0-30	53,2	65,2	69,8	35,6	37,1	47,6	39,3
	30-60	24,1	26,7	25,6	14,9	22,6	23,2	21,3
	60-90	9,1	11,4	14,4	11,8	10,2	9,6	14,9
	Summe	**86,4 b**	**103,3 a**	**109,8 a**	**62,3 d**	**69,9 d**	**80,4 b**	**75,5 c**
18.10.00	0-30	8,1	7,3	8,3	8,2	7,3	9,1	17,1
	30-60	4,2	3,1	5,0	6,4	3,1	5,3	8,6
	60-90	2,2	2,8	1,5	2,0	2,3	1,6	6,4
	Summe	**14,5 b**	**13,2 b**	**14,8 b**	**16,6 b**	**12,7 b**	**16,0 b**	**32,1 a***
04.12.00	0-30	17,9	22,1	26,5	15,3	18,3	9,7	22,4
	30-60	7,1	11,6	13,2	11,2	11,6	8,3	19,4
	60-90	4,3	6,6	8,2	6,0	9,2	6,6	9,8
	Summe	**29,3 b**	**40,3 a**	**47,9 a**	**32,5 b**	**39,1 ab**	**24,6 b**	**51,4 a**

Tab. A 25: N_{min}-Gehalte in kg/ha im Zeitraum 2000/2001, Hebenshausen.

Datum	Tiefe	We 0	WE 40	WE 80	WE/Ro 0	WE/Ro 40	WE/Ro 80	Vergleich
26.09.00	0-30	40,1	40,1	40,1	40,1	40,1	40,1	40,1
	30-60	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7
	60-90	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
	Summe	**69,2**	**69,2**	**69,2**	**69,2**	**69,2**	**69,2**	**69,2**
04.12.00	0-30	39,5	39,5	39,5	29,6	29,6	29,6	36,9
	30-60	28,4	28,4	28,4	19,2	19,2	19,2	37,2
	60-90	8,9	8,9	8,9	12,4	12,4	12,4	31,9
	Summe	**76,8 b**	**76,8 b**	**76,8 b**	**61,2 b**	**61,2 b**	**61,2 b**	**106,0 a**
22.02.01	0-30	19,8	19,8	19,8	14,3	14,3	14,3	10,2
	30-60	28,2	28,2	28,2	26,5	26,5	26,5	31,6
	60-90	31,2	31,2	31,2	28,1	28,1	28,1	33,8
	Summe	**79,2 a**	**79,2 a**	**79,2 a**	**68,9 a**	**68,9 a**	**68,9 a**	**75,6 a**
25.05.01	0-30	25,1	25,1	25,1	12,7	12,7	12,7	42,3
	30-60	20,0	20,0	20,0	3,0	3,0	3,0	29,4
	60-90	15,5	15,5	15,5	2,3	2,3	2,3	28,5
	Summe	**60,6**	**22,9 a**	**22,9 a**	**18,0**	**16,9 a**	**16,9 a**	**100,2**
02.08.01	0-30	82,6	89,4	102,6	36,8	52,3	47,5	38,3
	30-60	23,1	41,0	49,7	17,7	29,8	22,9	20,1
	60-90	39,0	28,7	39,6	13,2	23,7	8,0	13,1
	Summe	**144,7 b**	**159,1 b**	**191,9 a**	**67,7 +**	**105,8 +**	**78,4 +**	**71,5 ***
17.10.01	0-30	19,5	33,0	35,9	9,4	11,4	9,5	32,4
	30-60	7,5	11,8	11,0	3,2	3,7	2,9	18,7
	60-90	6,1	10,1	10,9	2,4	3,0	3,0	10,5
	Summe	**33,1 b**	**54,9 a**	**57,7 a**	**14,9 +**	**18,1 +**	**15,3 +**	**61,6* a**
09.12.01	0-30	17,1	18,3	18,1	13,7	9,0	10,2	16,9
	30-60	32,4	41,8	36,5	17,5	21,5	28,4	41,6
	60-90	17,8	26,6	17,3	6,1	6,2	24,5	30,9
	Summe	**67,3 a**	**86,7 a**	**71,9 a**	**37,2 +**	**36,7 +**	**63,1 +**	**89,4 a**

\+ wegen Vogelfraß nicht verrechnet

Tab. A 26: N_{min}-Gehalte in kg/ha im Zeitraum 2001/2002, Frankenhausen.

Datum	Tiefe	WE 0	WE 40	WE 80	WE/Ro 0	WE/Ro 40	WE/Ro 80	Vergleich
29.09.01	0-30	61,3	61,3	61,3	61,3	61,3	61,3	61,3
	30-60	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3
	60-90	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5
	Summe	**114,1**	**114,1**	**114,1**	**114,1**	**114,1**	**114,1**	**114,1**
06.12.01	0-30	28,2	28,2	28,2	26,3	26,3	26,3	26,3
	30-60	29,1	29,1	29,1	27,1	27,1	27,1	27,1
	60-90	15,5	15,5	15,5	13,9	13,9	13,9	13,9
	Summe	**72,8 a**	**72,8 a**	**72,8 a**	**67,3 a**	**67,3 a**	**67,3 a**	**67,3 a**
26.02.02	0-30	15,2	15,2	15,2	11,2	11,2	11,2	11,2
	30-60	12,4	12,4	12,4	10,3	10,3	10,3	10,3
	60-90	30,7	30,7	30,7	25,3	25,3	25,3	25,3
	Summe	**58,3 a**	**58,3 a**	**58,3 a**	**46,8 a**	**46,8 a**	**46,8 a**	**46,8 a**
02.06.02	0-30	52,0	52,0	52,0	46,9	46,9	46,9	61,2
	30-60	18,7	18,7	18,7	17,7	17,7	17,7	32,4
	60-90	5,9	5,9	5,9	2,8	2,8	2,8	18,4
	Summe	**76,5 a**	**76,5 a**	**76,5 a**	**67,5 a**	**67,5 a**	**67,5 a**	**112,0 ***
23.07.02	0-30	65,1	66,7	69,3	58,3	62,9	61,4	43,1
	30-60	20,3	18,1	24,3	22,4	24,7	20,5	21,6
	60-90	16,0	14,6	16,6	14,6	15,1	15,2	12,7
	Summe	**101,4 a**	**99,4 a**	**110,2 a**	**95,3 a**	**102,7 a**	**97,1 a**	**77,4 b**
04.10.02	0-30	9,2	8,9	10,6	5,2	9,5	8,6	5,1
	30-60	2,3	2,3	2,1	1,1	4,6	2,4	1,9
	60-90	1,9	2,0	1,8	0,9	2,3	1,3	1,8
	Summe	**13,6 a**	**13,2 a**	**14,5 a**	**7,2 a**	**16,4 a**	**12,3 a**	**8,8 a**
18.12.02	0-30	9,7	8,4	9,1	3,4	6,9	9,4	6,4
	30-60	3,8	4,1	5,1	0,9	3,0	4,6	2,7
	60-90	2,8	2,3	2,3	0,7	1,5	2,3	1,1
	Summe	**16,3 a**	**14,8 a**	**16,5 a**	**5,0 a**	**11,4 a**	**16,3 a**	**10,2 a**

Danke

Mein besonderer und herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. Konrad Scheffer für die Überlassung des Themas und die wissenschaftliche Betreuung meiner Arbeit, die treffender mit einer begleitenden Zusammenarbeit beschrieben wird. Die mir dabei ermöglichte wissenschaftliche und organisatorische Freiheit in meiner Arbeit und das mir entgegengebrachte Vertrauen trugen wesentlich dazu bei, dass mir diese Arbeit sehr viel Spaß bereitete. Die ständige Bereitschaft für meine Fragen und die kritischen Diskussionen trugen zum Gelingen dieser Arbeit bei.

Herrn Prof. Dr. Jürgen Heß danke ich für die Übernahme des Korreferates und die kooperative und produktive Zusammenarbeit. Die z.T. weit über das Thema hinausgehenden Gespräche und Diskussionen haben diese Zusammenarbeit und das Erstellen der Arbeit oft erleichtert.

Prof. Dr. Holger Wildhagen und Prof. Dr. Norbert Lütke Entrup danke ich für die Bereitschaft, als weitere Prüfer zu fungieren.

Die Durchführung der Feldversuche auf der Domäne Frankenhausen wäre ohne die Unterstützung und tatkräftige Mithilfe von Eberhard Kölsch und Dieter Türk so nicht möglich gewesen. Dafür vielen Dank. In diesem Zusammenhang möchte ich mich auch bei den zahlreichen Hiwi´s bedanken, die mir auf dem Feld und im Labor geholfen haben. Besonders danke ich dabei Sven Grebe, Thorsten Haase, Peer Urbatzka und Dirk Stahmer, die mir ohne Rücksicht auf ihr Äußeres und der körperlichen Befindlichkeit bei der aufwändigen und nicht immer nur angenehmen Gülledüngung geholfen haben.

Herrn Dr. Reinhold Stülpnagel danke ich für den Gedankenaustausch und die ständige Bereitschaft, Fragen zu beantworten und hilfreich zur Seite zu stehen.

Thorsten Haase, dem Sub, danke ich für die Durchsicht des Manuskriptes.

Der Deutschen Bundesstiftung Umwelt möchte ich für die Gewährung eines Promotionsstipendiums danken.