

Der Einfluss von Fruchtfolge, Vorfrucht, Stickstoffdüngung und Einarbeitung der Ernterückstände auf Ertrag und Rohproteingehalt von Winterweizen und nachfolgender Sommergerste

M. Dachler und A. Köchl

Effects of long-term crop rotations, preceding crops, N-fertilization and crop residue incorporation on yield and protein content of winter wheat and following spring barley

Einleitung

Die positiven Auswirkungen einer vielfältigen und standortangepassten Fruchtfolge auf die Bodenfruchtbarkeit und Pflanzengesundheit stehen außer Zweifel und werden beispielsweise von KARLEN et al. (1994) dargestellt. Durch den

Wegfall der Futterproduktion für Zugtiere fand nach 1950 in Österreich eine deutliche Verminderung der Fruchtfolgevielfalt statt, die Ende der 80er /Anfang der 90er Jahre durch die aufkommenden Öl- und Eiweißfrüchte (Raps, Sojabohne, Körnererbse, Ackerbohne, Sonnenblume etc.) wieder vielfältiger wurde.

Summary

The effects of 13 different crop rotations with varying proportions of cereals, legumes and root crops were compared under two different climatic regimes. Additionally, the effects of different nitrogen levels, cover crops and crop residue incorporation were determined by the yields of winter wheat (first following year) and spring barley (second following year) as test crops after each complete rotation.

- Nitrogen fertilization had the strongest influence on yield of winter wheat, followed by the effects of preceding crop. The cumulative effect of the whole crop rotation was, if at all, weakly pronounced.
- The yield of the test crop, winter wheat, showed following ranking in dependence on the preceding crop in the rather dry area: biennial lucerne fallow > annual lucerne fallow > peas >> sugar beets with manure > rape > sunflower = sugar beets without manure = winter rye. The ranking was under more humid conditions: biennial red clover fallow > annual red clover fallow > field bean > oats > sugar beets with and without manure > winter rye.
- The preceding crop also had significant influence on the protein content of winter wheat. The ranking was almost the same as on yield.
- An influence of the preceding crop on yield of the second test crop, spring barley, could not be ascertained, but protein content after red clover or lucerne fallow and sugar beet with additional manure was enhanced.
- The integration of cover crops into pure cereal rotation had positive yield and quality effects on succeeding wheat in the semi dry area with persian clover. This was not the case under more humid conditions with spring rape.
- Crop residue incorporation had generally rather negative yield effects. Higher protein contents were observed only in the dry area.
- On the average of all crop rotations tested, highest winter wheat yields were achieved with 120 kg N/ha under dry conditions and with 140 kg N/ha under humid conditions but only in rotations without legumes.
- Differences in the effects of various preceding crops were also observed with medium nitrogen dressings, but these were not as distinctive, as in the N-unfertilized variant. Therefore negative effects of a unfavourable crop rotation only can be compensated by higher nitrogen amounts to a certain extent.

Key words: crop rotation, preceding crop effect, nitrogen fertilization, crop residue incorporation, cover crops.

Zusammenfassung

Auf zwei Standorten Niederösterreichs, die sich in Klima- und Bodeneigenschaften deutlich voneinander unterscheiden, wurden 13 verschiedene sechs-schlägige Fruchtfolgen mit unterschiedlichem Getreideanteil bei unterschiedlichem Düngungsregime miteinander verglichen. Zusätzlich erlaubte die Versuchsanordnung die Wirkung von Zwischenfrüchten in reinen Getreidefruchtfolgen bzw. die Effekte einer Einarbeitung der Ernterückstände gegenüber einer Abfuhr vom Feld zu beurteilen. Die Wirkungen der verschiedenen Maßnahmen wurden mit den Testfrüchten Winterweizen (erste Nachfrucht im Folgejahr) und danach mit Sommergerste (im zweiten Folgejahr) nach jeweiligem Durchlaufen der Fruchtfolgen geprüft.

- Abgesehen von der N-Düngung übte die unmittelbare Vorfrucht den stärksten Einfluss auf den Ertrag der Testfrucht Winterweizen aus. Die kumulative Wirkung der Fruchtfolgen war – wenn überhaupt – nur schwach ausgeprägt.
- Bezüglich des Ertrages der Testfrucht Winterweizen ergab sich im trockeneren Gebiet folgende Reihenfolge in der Vorfruchtwirkung: Zweijährige Luzernebrache > einjährige Luzernebrache > Körnererbse >> Zuckerrübe mit Stallmist > Raps > Sonnenblume = Zuckerrübe ohne Stallmist = Winterroggen. Im niederschlagsreicheren Wieselburg lautete die Reihenfolge: Zweijährige Kleebrache > einjährige Kleebrache > Ackerbohne > Hafer > Zuckerrübe mit oder ohne Stallmist > Winterroggen.
- Die Vorfrucht hatte auch auf den Rohproteingehalt der Nachfrucht Winterweizen – vor allem in der N-ungedüngten Variante – einen signifikanten Einfluss, wobei sich in etwa die gleiche Reihenfolge wie beim Ertrag ergab.
- Eine Ertragsbeeinflussung der Vorfrucht auf die zweite Testfrucht (Sommergerste) konnte nicht beobachtet werden. Allerdings wurde durch Klee- bzw. Luzernebrache bzw. durch Zuckerrübe mit zusätzlicher Stallmistdüngung der Rohproteingehalt positiv beeinflusst.
- Eine Auflockerung einer reinen Getreidefruchtfolge brachte durch die Zwischenfrucht Perserklee im Trockengebiet bei nachfolgendem Winterweizen Ertrags- und Qualitätsvorteile. Am niederschlagsreicheren Versuchsstandort konnte mit der Zwischenfrucht Sommerraps dieser positive Effekt nicht beobachtet werden.
- Eine Einarbeitung aller Ernterückstände im Vergleich zur Abfuhr vom Feld erbrachte im Mittel eine Ertragsminderung und nur im Trockengebiet eine leichte Erhöhung der Rohproteingehalte.
- Im Mittel über alle Fruchtfolgen ließ sich der Winterweizenenertrag im Trockengebiet mit mineralischen Stickstoffgaben bis 120 kg N/ha steigern, ab 140 kg N/ha war in keiner der Fruchtfolgen eine signifikante Ertragssteigerung zu beobachten, auch nicht, wenn nur über die Fruchtfolgen ohne Leguminosen gemittelt wurde. Im Feuchtgebiet brachte eine 140 kg N/ha Gabe im Mittel nur minimale, allerdings in den Fruchtfolgen ohne Leguminosen signifikante Mehrerträge.
- Die Unterschiede in der Vorfruchtwirkung zwischen den einzelnen Kulturarten blieben auch bei mittleren Stickstoffgaben erhalten, wenn auch nicht mehr so deutlich wie in der N-ungedüngten Variante. Die negativen Effekte von unvorteilhaften Fruchtfolgen können daher nur bedingt durch Düngungsmaßnahmen behoben werden.

Schlagerworte: Fruchtfolge, Vorfruchtwirkung, Stickstoffdüngung, Einarbeitung der Ernterückstände, Zwischenfrüchte.

Europaweit ist eine Vereinfachung der Fruchtfolgen zu beobachten (POIRET, 1999; CHRISTEN et al., 1992). Dafür verantwortlich sind vor allem die (sozio-)ökonomischen Rahmenbedingungen, aber auch die Meinung, dass mit Pflanzenschutz- und Düngemitteln ertragsbeeinflussende Fruchtfolgewirkungen überdeckt werden können. Nach Untersuchungen von STEINBRENNER et al. (1982) bleiben Vorfruchtunterschiede aber auch unter intensiven Bedingungen erhalten.

Bei der Beurteilung von Rotationen ist insbesondere zwischen der Vorfruchtwirkung und der Fruchtfolgewirkung

zu unterscheiden. Unter Vorfruchtwirkung wird einerseits die Nachwirkung der Pflanzen (N- und C-Rückstände, Krankheiten, Schädlinge etc.) und andererseits die Nachwirkungen der Anbaumaßnahmen (organische und mineralische Düngung, Bodenbearbeitung, Herbizideinsatz etc.) verstanden. Die Fruchtfolgewirkung setzt sich aus der Vor-Vorfruchtwirkung (Wirkung einer Vorfrucht oder mehrerer Vorfrüchte auf die zweite bis vierte Nachfrucht), der akkumulierten Wirkung mehrerer Vorfruchtrückstände und der akkumulierten Wirkung mehrerer Rotationen auf

alle Fruchtarten einer Rotation zusammen (KAHNT, 1986).

FISCHBECK et al. (1969) kamen beim Vergleich langjähriger Fruchtfolgeversuche zum Schluss, dass bei der Quantifizierung von Fruchtfolgewirkungen den Differenzierungen durch die unmittelbare Vorfrucht oft größere Bedeutung zukommt als den kumulativen Effekten unterschiedlicher Fruchtfolgesysteme. Zu dem selben Schluss kam auch CHRISTEN (2001), der feststellte, dass in seinem Versuchsansatz die direkten Vorfrüchte den größten Einfluss auf die Ertragshöhe aufwiesen, wohingegen der Gestaltung der gesamten Fruchtfolge eine geringere Bedeutung für die Ertragsleistung zukam.

Indirekt wird das auch von POMMER (1994) bestätigt, der feststellte, dass eine durch einen Daueranbau bedingte Ertragsdepression bereits nach einjähriger Unterbrechung mit Blattfrüchten aufgehoben wurde und nach einer weiteren Unterbrechung sogar deutliche Mehrerträge erzielt wurden.

BACHTHALER (1979a) hingegen gelangte auf Basis von Ergebnissen langjähriger Fruchtfolgeversuche teilweise unter verschiedenen Standortbedingungen zur Auffassung, dass der Einflussfaktor Vorfrucht mit zunehmender Rotationsdauer und bei flexibler Erzeugungstechnik gegenüber dem Fruchtfolgesystem an Bedeutung verliert.

Die Effekte der unmittelbaren Vorfrucht – insbesondere die positiven von Leguminosen – sind seit langem bekannt. So waren die höchsten Winterweizenerträge, sowohl unter mediterranen (LOPEZ-BELLIDO et al., 1996), als auch unter atlantischen (MCEWEN et al., 1989) bzw. mitteleuropäischen (MAIDL et al., 1996; POMMER, 1994) Klimabedingungen nach Leguminosen zu erzielen.

Die relativen Ertragseinbußen von Winterweizen nach ungünstigen Vorfrüchten können nach diversen Literaturangaben (zit. bei CHRISTEN, 2001) zwischen 8 und 55 % betragen. KAHNT (1986) stellte fest, dass Mais und Zuckerrübe – als die beiden früher tragenden Glieder einer Fruchtfolge – heute von Leguminosen bzw. auch Raps als Vorfrüchte übertroffen werden. Er führt dies auf die Ernteverhältnisse bei Zuckerrübe und die Herbizidrückstände bei Mais zurück. VEZ (1975) berichtet, dass Hafer den Hackfrüchten in der Vorfruchtwirkung ebenbürtig und Mais nicht so gut geeignet ist wie Raps oder Kartoffel.

SCHUHMANN et al. (2001) haben für Mecklenburg-Vorpommern anhand von Daten aus der langjährigen „Besonderen Erntermittlung“ folgende Reihenfolge der Vorfrüchte in ihrer Wirkung auf den Ertrag von Winterweizen festgestellt: Winterraps > Winterweizen > Zuckerrübe >

Silomais > Wintergerste. Zu gleichartigen Ergebnissen (Raps > Winterweizen > Wintergerste) kommt VOLLMANN (2000) auch auf Grund der Auswertung von Feldschlägen im ostösterreichischen Trockengebiet.

Über die Effekte, die verschiedene Verfahren der Behandlung der Ernterückstände (einarbeiten, verbrennen, abführen) bewirken, liegen unterschiedliche Ergebnisse vor (KUMAR und GOH, 2000). Bei hoher Bodenfruchtbarkeit, ausreichender Wasserversorgung und geringem Krankheits- und Schädlingsdruck bleiben die Kornerträge weitgehend unbeeinflusst von der Behandlung der Ernterückstände der Vorfrucht.

Ziel vorliegender Versuchsserie war es, die Wirkung von unterschiedlichen Fruchtfolgen und jene der jeweiligen Vorfrüchte auf die Leistung regelmäßig wiederkehrender Test-Fruchtfolgeglieder (Winterweizen und Sommergerste) zu untersuchen. Dies bei unterschiedlichem Düngungsniveau und in zwei differenten Klimagebieten. Zusätzlich wurde die Wirkung einer Einarbeitung der Ernterückstände gegenüber einer Abfuhr vom Feld bzw. die Wirkung von Zwischenfrüchten beurteilt.

Das Besondere an dieser Versuchsserie liegt neben der Variationsbreite der gewählten Fruchtfolgen (13), vor allem in ihrer prüftechnischen Kombination mit Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren.

2. Material und Methoden

Die Parzellenversuche werden in der vorgestellten Form seit 1988 auf zwei Standorten in Niederösterreich, welche zwei bedeutende Produktionsgebiete repräsentieren (Fuchsenbigl im semiariden Gebiet und in Wieselburg im Übergangsbereich zum Feuchtgebiet) durchgeführt (Tab. 1).

Auf beiden Standorten wurden 13 sechsgliedrige Fruchtfolgen (Tab. 2 und 3) in zwei Durchgängen (1988 bis 1993 und 1994 bis 1999, insgesamt also einer Laufzeit von 12 Jahren) in Vergleich gestellt. Die Fruchtfolgeunterschiede lagen im Anteil an Getreide (66 %, 83 %, und 100 %) bzw. dem an Hackfrüchten (bis 33 %). Ferner wurden sowohl Körnerleguminosen (Körnererbse oder Ackerbohne) als auch Luzerne oder Klee (beide als ein- bzw. zweijährige Grünbrache mit Mulchen des Aufwuchses) und je nach Klimagebiet auch Ölfrüchte (Raps bzw. Sonnenblume) in einzelne Fruchtfolgen aufgenommen. Die reinen Getreidefruchtfolgen wiederum enthielten keine Gründüngung (C1) oder eine Gründüngung in drei von sechs Jahren (D1).

Tabelle 1: Klima- und Bodenverhältnisse der Versuchsstandorte
 Table 1: Soil and climatic characteristics of the experimental sites

	Fuchsenbigl	Wieselburg
Seehöhe m über NN	147	252
Mittlere Jahrestemperatur °C	9,4	8,5
Mittlere jährliche Niederschlagssumme mm	529	722
Mittlerer Niederschlag in der Vegetationszeit in mm	272	404
Bodenausgangsmaterial	Löss oder lössähnliche Sedimente	Schwemmmaterial
Bodentyp	Carbonathältige Tschernoseme	Carbonatfreie, teils pseudovergleyte Braunerden
Bodenart	Lehmiger Sand bis sandiger Lehm	Schluffiger Lehm
Carbonat (CaCO ₃) in %	um 15	0
Humusgehalt in %	um 2,1	um 2,4
pH-Wert in CaCl ₂	um 7,5	um 6,7

Tabelle 2: Getestete Fruchtfolgen in Fuchsenbigl (1988–1993 bzw. 1994–1999)
 Table 2: Tested crop rotations in Fuchsenbigl (1988–1993 resp. 1994–1999)

Fruchtfolge	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr	5. Jahr 1. Testfrucht	6. Jahr 2. Testfrucht
A1	Zuckerrübe	Winterweizen	Sommergerste	Zuckerrübe	Winterweizen	Sommergerste
A2	Zuckerrübe#	Winterweizen	Sommergerste	Zuckerrübe#	Winterweizen	Sommergerste
A3	Zuckerrübe	Winterweizen	Sommergerste	Körnererbse	Winterweizen	Sommergerste
B1	Zuckerrübe	Winterweizen	Sommergerste	Winterroggen	Winterweizen	Sommergerste
B2	Körnermais	Winterweizen	Körnererbse	Raps	Winterweizen	Sommergerste
B3	Luzerne+	Winterweizen	Sommergerste&	Luzerne+	Winterweizen	Sommergerste
B4	Winterweizen	Sommergerste&	Luzerne+	Luzerne+	Winterweizen	Sommergerste
B5	Körnererbse	Winterweizen	Körnermais	Sonnenblume	Winterweizen	Sommergerste
B6	Wintergerste	Winterweizen	Zuckerrübe	Körnererbse	Winterweizen	Sommergerste
C1	Wintergerste	Winterweizen	Sommergerste	Winterroggen	Winterweizen	Sommergerste
C2	Körnererbse	Winterweizen	Sommergerste	Raps	Winterweizen	Sommergerste
D1	Wintergerste*	Winterweizen*	Sommergerste	Winterroggen*	Winterweizen	Sommergerste
D2	Wintergerste	Winterweizen	Körnererbse	Raps	Winterweizen	Sommergerste

300 dt/ha Stallmist & Luzerneuntersaat + Aufwuchs gemulcht * Gründung Perserklee

Tabelle 3: Getestete Fruchtfolgen in Wieselburg (1988–1993 bzw. 1994–1999)
 Table 3: Tested crop rotations in Wieselburg (1988–1993 resp. 1994–1999)

Fruchtfolge	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr	5. Jahr 1. Testfrucht	6. Jahr 2. Testfrucht
A1	Zuckerrübe	Winterweizen	Sommergerste	Zuckerrübe	Winterweizen	Sommergerste
A2	Zuckerrübe#	Winterweizen	Sommergerste	Zuckerrübe#	Winterweizen	Sommergerste
A3	Zuckerrübe	Winterweizen	Sommergerste	Ackerbohne	Winterweizen	Sommergerste
B1	Zuckerrübe	Winterweizen	Winterroggen	Hafer	Winterweizen	Sommergerste
B2	Silomais	Winterweizen	Raps	Ackerbohne	Winterweizen	Sommergerste
B3	Rotklee+	Winterweizen	Sommergerste&	Rotklee+	Winterweizen	Sommergerste
B4	Winterweizen	Sommergerste&	Rotklee+	Rotklee+	Winterweizen	Sommergerste
B5	Ackerbohne	Winterweizen	Silomais	Hafer	Winterweizen	Sommergerste
B6	Wintergerste	Winterweizen	Zuckerrübe	Ackerbohne	Winterweizen	Sommergerste
C1	Hafer	Winterweizen	Sommergerste	Winterroggen	Winterweizen	Sommergerste
C2	Raps	Winterweizen	Hafer	Ackerbohne	Winterweizen	Sommergerste
D1	Hafer	Winterweizen*	Sommergerste	Winterroggen*	Winterweizen	Sommergerste*
D2	Hafer	Winterweizen	Raps	Ackerbohne	Winterweizen	Sommergerste

300dt/ha Stallmist & Rotkleeuntersaat + Aufwuchs gemulcht * Gründung Sommerraps

In der Fruchtfolge A2 wurde im einzigen Gegensatz zu A1 zu Zuckerrübe 300 dt/ha Stallmist verabreicht.

Um die Wirkung dieser Maßnahmen zu überprüfen, wurde im jeweils 5. Jahr die erste Testfrucht Winterweizen angebaut und im 6. Jahr die zweite Testfrucht Sommergerste, um eventuell weitere Nachwirkungen feststellen zu können.

Jede der Fruchtfolge(groß)-parzellen wurde in sechs Unterparzellen geteilt, die sich in Düngungsstufen und Behandlung der Ernterückstände voneinander unterscheiden (Tab. 4). Die Stickstoffdüngung wurde kulturartenspezifisch gestaltet, wobei – abgesehen von der N₀-Variante – die Stickstoffgaben um die als optimal angesehene Gabenhöhe angeordnet wurden (nicht orthogonal). Bei den Prüfgliedern eins bis vier wurden die Ernterückstände abgefahren, bei fünf und sechs verblieben sie auf dem Feld. Insgesamt ergibt dies bei jeweils 13 Fruchtfolgen zu je 6 Varianten 78 Prüfglieder pro Standort. Die Versuche wurden in Fuchsenbigl in drei und in Wieselburg in vier Wiederholungen als randomisierter Block angelegt. Die Einzelparzellengröße beträgt 50 m².

Stickstoff wurde in Form von Kalkammonsalpeter verabreicht: Zu Winterweizen zu Vegetationsbeginn im zeitigen Frühjahr, zum Bestocken und vor dem Ährenschieben; zu Wintergerste und Raps zu Vegetationsbeginn im Frühjahr und zum Schossen; zu Hafer und Sommergerste vor dem Anbau und zu Ende Bestockung/Beginn des Schossens und zu allen anderen Arten vor dem Anbau.

Phosphor und Kalium wurde einheitlich zu allen Kulturen in Form eines Zweinährstoffdüngers ausgebracht bzw. als Tripelphosphat und 60er Kali.

Die Gründüngung in Fruchtfolge D1 erfolgte als Stoppsaat in Fuchsenbigl mit Perserklee und in Wieselburg mit Sommerraps. Der Bestand wurde jeweils im Herbst gemulcht.

Die Sortenwahl orientierte sich an den jeweils in der Praxis gängigen ertragreichen Sorten.

In Fuchsenbigl wurde in beiden Testjahren die Winterweizensorte Capo und in Wieselburg die Sorten Ikarus (1992) und Renan (1998) eingesetzt. Verwendete Sommergerstensorten: Apex (1993) und Viva (1999) in Fuchsenbigl und Grosso (1993) und Ditta (1999) in Wieselburg. Für alle Kulturarten erfolgte die Aussaat fruchtartenspezifisch zum gleichen Termin, d.h. unabhängig von der Vorfrucht oder Zwischenfrucht oder anderen Maßnahmen.

Produktions- und Anbautechnik wurde soweit als möglich gleichgehalten um zusätzliche Einflussfaktoren zu vermeiden. Zu den Testkulturen wurden generell Herbizide eingesetzt und bei Notwendigkeit auch Insektizide. Ein Abreifeschutz erfolgte nicht.

Die Erträge wurden auf einen Wassergehalt von 14 % normiert. Die Gesamt-Stickstoffbestimmung von Winterweizen bzw. Sommergerste erfolgte nach Dumas (Verbrennungsmethode). Zur Berechnung des Rohproteingehalts von Winterweizen wurde der Gesamt-N-Gehalt mit 5,7 multipliziert. Aus Kostengründen erfolgten die N-Bestimmungen ohne Wiederholungen, sodass Resultate dieser Art keiner statistischen Verrechnung unterliegen.

3. Ergebnisse

3.1 Zweijährige Ertragsergebnisse der ersten Testfrucht Winterweizen

In Fuchsenbigl zeigten sich bei gänzlichem Verzicht auf eine Stickstoffdüngung in den reinen Getreidefruchtfolgen, aber auch nach Vorfrucht Zuckerrübe oder Sonnenblume die niedrigsten Winterweizenerträge, die zumeist im Mittel unter 40 dt/ha lagen (Tab. 5). Etwas darüber lagen sie nach

Tabelle 4: Übersicht über die Düngungsstufen und die Behandlung der Ernterückstände zu den einzelnen Kulturarten (kg Reinnährstoff/ha und Jahr)

Table 4: Fertilizer amounts spread and the treatment of crop residues to different crops (kg/ha and year)

Prüf-Glied	Stickstoff							P ₂ O ₅	K ₂ O	Ernterückstände
	Zucker-rübe	Mais	Winter-weizen	Winter-gerste	Legumi-nosen	Hafer, Sommer-Gerste	Raps			
1	0	0	0	0	0	0	0	50	50	abgeführt
2	70	90	30+30+20	35+35	0	30+30	100	50	100	abgeführt
3	110	130	40+40+40	65+45	0	40+40	125+30	75	150	abgeführt
4	150	170	60+40+40	75+55	0	50+50	150+30	75	150	abgeführt
5	70	90	30+30+20	35+35	0	30+30	100	50	50	eingearbeitet
6	110	130	40+40+40	65+45	0	40+40	125+30	75	75	eingearbeitet

Tabelle 5: Winterweizenenerträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Vorfrucht, Fruchtfolge und Düngungsintensität im Mittel der beiden Testjahre (1992 und 1998) in Fuchsenbigl

Table 5: Effects of crop rotation, preceding crop and fertilizer level on yield (dt/ha) of winter wheat in the experimental site Fuchsenbigl on the average of two test years (1992 and 1998)

	Fruchtfolge				Düngungsstufe				Mittel
	88/94	89/95	90/96	91/97	1	2	3	4	
A1	ZR	WW	SG	ZR	37,9	51,7	55,6	57,3	50,6
A2	ZR#	WW	SG	ZR#	43,2	53,3	59,8	52,5	52,2
A3	ZR	WW	SG	KE	57,6	63,4	63,9	65,9	62,7
B1	ZR	WW	SG	WR	31,3	50,2	52,8	56,0	47,6
B2	KM	WW	KE	Raps	39,4	56,0	58,6	57,2	52,8
B3	Luz+	WW	SG&	Luz+	61,6	66,5	66,3	49,9	61,1
B4	WW	SG&	Luz+	Luz+	63,0	64,3	66,6	51,1	61,3
B5	KE	WW	KM	Sbl	37,7	58,8	60,7	59,4	54,2
B6	WG	WW	ZR	KE	60,0	64,8	59,0	60,0	61,0
C1	WG	WW	SG	WR	37,6	52,3	58,4	56,7	51,3
C2	KE	WW	SG	Raps	42,0	56,6	60,7	58,7	54,5
D1	WG*	WW*	SG	WR*	41,3	55,0	61,9	54,4	53,2
D2	WG	WW	KE	Raps	41,8	59,6	59,7	61,1	55,5
Mittel					45,7	57,9	60,3	56,9	55,2

300 dt/ha Stallmist & Luzerneuntersaat + Aufwuchs gemulcht * Gründung Perserklee

WW: Winterweizen, SG: Sommergerste, Luz: Luzernebrache, KE: Körnererbse, ZR: Zuckerrübe

KM: Körnermais, Sbl: Sonnenblume, WG: Wintergerste, WR: Winterroggen

GD 5%: zwischen zwei Prüfgliedmittelwerten: 7,76; zwischen zwei Fruchtfolgemitelwerten: 3,88; zwischen zwei Düngestufenmittelwerten: 2,15

Raps und wenn zur Vorfrucht Zuckerrübe zusätzlich eine Stallmistgabe verabreicht wurde. Winterweizenenerträge wesentlich über 40 dt/ha wurden nur mit Leguminosenvorfrüchten erzielt, wobei mit Erbse knapp 60 dt/ha und mit Luzernebrache über 60 dt/ha erzielt wurden. Zwischen ein- bzw. zweijähriger Luzernebrache traten keine Ertragsunterschiede beim nachfolgenden Winterweizen auf.

Unter der Voraussetzung einer Stickstoffdüngung konnte der Ertrag nach den meisten Vorfrüchten von Winterweizen bis zu einer Gabe von 120 kg N/ha gesteigert werden, vereinzelt auch bis 140 kg N/ha. Erwartungsgemäß fiel die Ertragssteigerung durch Stickstoffdüngung nach Leguminosen gering aus, nach Getreide (Winterroggen) und Sonnenblume am stärksten (+23 bzw. +24 dt/ha).

Ein Zwischenfruchtanbau (Perserklee) führte in Fuchsenbigl zumindest in den ungedüngten und mittleren N-Varianten zu etwas höheren Erträgen bei der nachfolgenden Weizenkultur.

In Wieselburg verzeichneten in den nicht mit Stickstoff gedüngten Varianten die reinen Getreidefruchtfolgen – mit Winterroggen als unmittelbarer Vorfrucht – mit knapp 40 dt/ha die niedrigsten Winterweizenenerträge (Tab. 6). Um 7–9 dt/ha höhere Erträge waren mit Zuckerrübe als Vorfrucht zu erzielen. Sieht man von den Leguminosen ab, so wies Hafer

die beste Vorfruchtleistung auf. Ackerbohne als Vorfrucht bewirkte um mindestens 20 dt/ha höhere Erträge als die reine Getreidefruchtfolge. Erwartungsgemäß hatte Kleebrache – und da insbesondere die zweijährige – die höchsten Winterweizenenerträge zur Folge. Bedingt durch die günstigen Witterungsbedingungen im Jahr 1993 hatte eine Stickstoffdüngung in allen Fruchtfolgen eine Ertragssteigerung zur Folge, jedenfalls in der 80 kg N/ha Variante und teilweise sogar bei Leguminosenvorfrüchten bis hin zur 140 kg N/ha Variante. Sieht man von den Leguminosen in der 140 kg N Variante ab, dann ergibt sich dieselbe Abfolge in der Vorfruchtwirkung wie in den ungedüngten Varianten (Winterroggen < Zuckerrübe < Hafer). Die stärkste Ertragssteigerung durch Stickstoffdüngung war nach Getreidevorfrucht bzw. nach Zuckerrübe zu beobachten (mehr als 20 dt/ha). Aber auch nach Ackerbohne waren bedeutende Steigerungen möglich (14–25 dt/ha).

Eine zusätzliche Stallmistgabe zu Zuckerrübe in Fruchtfolge A2 führte im Folgejahr bei Winterweizen zu keinen Ertragseffekten v.a. auch nicht in der Variante ohne mineralische N-Düngung. Keine Auswirkungen hatte auch eine Zwischenfrucht (Sommerraps) in der reinen Getreidefruchtfolge gegenüber der sonst gleichen Fruchtfolge ohne Zwischenfrucht.

Tabelle 6: Winterweizenerträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Vorfrucht, Fruchtfolge und Düngungsintensität im Mittel der beiden Testjahre (1992 und 1998) in Wieselburg

Table 6: Effects of crop rotation, preceding crop and fertilizer level on yield (dt/ha) of winter wheat in the experimental site Wieselburg on the average of two test years (1992 and 1998)

	Fruchtfolge				Düngungsstufe				Mittel
	88/94	89/95	90/96	91/97	1	2	3	4	
A1	ZR	WW	SG	ZR	49,0	65,4	72,7	79,7	66,7
A2	ZR#	WW	SG	ZR#	46,8	66,2	76,9	76,7	66,6
A3	ZR	WW	SG	AB	68,2	83,8	86,1	85,4	80,9
B1	ZR	WW	WR	Hafer	50,8	73,5	78,8	82,4	71,4
B2	SM	WW	Raps	AB	74,7	84,9	86,4	88,4	83,6
B3	Klee+	WW	SG&	Klee+	74,7	80,7	78,6	75,3	77,4
B4	WW	SG&	Klee+	Klee+	80,7	81,9	82,7	83,5	82,2
B5	AB	WW	KM	Hafer	65,6	82,2	86,5	87,3	80,4
B6	WG	WW	ZR	AB	67,1	82,7	84,1	85,7	79,9
C1	Hafer	WW	SG	WR	39,9	61,8	60,7	67,1	57,4
C2	Raps	WW	Hafer	AB	68,7	83,3	86,4	85,3	80,9
D1	Hafer	WW*	SG	WR*	39,9	59,4	65,2	68,5	58,2
D2	Hafer	WW	Raps	AB	61,1	77,5	86,3	87,0	77,9
Mittel					60,6	75,6	79,3	81,0	74,1

300dt/ha Stallmist & Rotkleeuntersaat + Aufwuchs gemulcht * Gründung Sommerraps
 AB: Ackerbohne, SM: Silomais, GD 5%: zwischen zwei Prüfgliedmittelwerten: 6,48; zwischen zwei Fruchtfolgemittelwerten: 3,24;
 zwischen zwei Düngestufenmittelwerten: 1,64

3.2 Rohproteingehalte der ersten Testfrucht Winterweizen

Für Qualitätsweizen wird zumeist ein Proteingehalt von mindestens 14 %, für Mahlweizen von mindestens 12,5 % gefordert und die Interventionsgrenze liegt bei 10,5 %. Bei Gehalten unter 11,5 % erfolgt ein finanzieller Abschlag.

Gemessen an diesen Vorgaben wurde in Fuchsenbigl in den ungedüngten Varianten nur bei Vorfrucht Leguminosen ein Mindestgehalt von 10,5 % überschritten und nur nach Luzernebrache die abschlagfreien 11,5 % Rohprotein (Tab. 7). Bei einer Stickstoffgabe von 80 kg/ha (Düngungsstufe 2) werden die 11,5 fast mit jeder Vorfrucht erreicht. Bei einer Gabe von 120 kg N/ha (Düngungsstufe 3) wurden mit einer Ausnahme (Fruchtfolge B1) mit jeder Vorfrucht zumindest 13,6, in der Mehrzahl der Vorfrüchte über 14 % erreicht.

Die Stallmistgabe zu Zuckerrübe in Fruchtfolge A1 wirkte sich deutlich positiv aus, im Mittel wurde dadurch der Rohproteingehalt um mehr als 1 % angehoben. In den Fruchtfolgen B2 und D2 konnte die Vorfruchtfolge Erbse – Raps in der ungedüngten Variante keine Vorteile gegenüber reinen Getreidefruchtfolgen bewirken.

In Wieselburg zeigte sich ein ähnliches Bild (Tab. 8), wobei der Einfluss der Stickstoffdüngung und auch der der

Vorfruchtwirkung weniger differenziert ausfiel (Klee > Ackerbohne > Hafer > anderes Getreide). Die N-ungefügten Varianten wiesen Rohproteingehalte von zumeist über 10 % auf, was vermutlich auf das lange trockene Frühjahr im zweiten Testjahr zurückzuführen ist. Im Mittel war eine nur mäßige Steigerung der Rohproteingehalte mit steigender Stickstoffdüngung zu erzielen.

3.3 Ertrags- und Rohproteinergbnisse der zweiten Testfrucht Sommergerste

Eine einer Vorvorfrucht zweifelsfrei zuordenbare Ertragsbeeinflussung auf die zweite Testfrucht Sommergerste konnte auf keinem der beiden Standorte beobachtet werden. In Fuchsenbigl war auch der Einfluss der Stickstoffdüngung im Mittel der beiden Testjahre sehr gering, in Wieselburg waren zumindest die Unterschiede zwischen der ungedüngten Variante und der 60 kg N/ha Variante ausgeprägt (im Mittel aller Fruchtfolgen ein Mehrertrag von 16,4 dt/ha). Eine weitere Steigerung der N-Düngung hatte in Wieselburg nur einen geringfügigen Ertragsanstieg zur Folge.

Hingegen wirkte sich eine Rotklee- bzw. Luzernebrache sehr deutlich auf den Rohproteingehalt der zweiten Test-

Tabelle 7: Der Rohproteingehalt (% in TM) von Winterweizen in Fuchsenbigl im Mittel der Jahre 1992/1998 in Abhängigkeit von Vorfrucht, Fruchtfolge und Düngungsintensität

Table 7: Effects of crop rotation, preceding crop and fertilizer level on protein content (% in d.m.) of winter wheat in the experimental site Fuchsenbigl on the average of two test years (1992 and 1998)

	Fruchtfolge				Düngungsstufe				Mittel
	88/94	89/95	90/96	91/97	1	2	3	4	
A1	ZR	WW	SG	ZR	9,6	10,2	13,9	15,4	12,3
A2	ZR#	WW	SG	ZR#	10,1	13,2	14,2	16,5	13,5
A3	ZR	WW	SG	Erbse	10,9	12,9	14,6	15,2	13,4
B1	ZR	WW	SG	WR	8,8	11,6	12,8	14,4	11,9
B2	KM	WW	Erbse	Raps	9,1	11,7	13,6	15,9	12,6
B3	Luz+	WW	SG&	Luz+	11,7	13,5	14,7	17,1	14,3
B4	WW	SG&	Luz+	Luz+	12,8	14,5	14,5	16,6	14,6
B5	KE	WW	KM	Sobl	9,2	13,0	15,8	15,7	13,3
B6	WG	WW	ZR	Erbse	10,6	12,3	14,3	14,9	13,0
C1	WG	WW	SG	WR	9,0	11,8	13,9	14,7	12,4
C2	KE	WW	SG	Raps	9,0	12,6	13,7	15,4	12,7
D1	WG*	WW*	SG	WR*	9,5	12,0	14,1	15,0	12,6
D2	WG	WW	Erbse	Raps	9,1	12,3	14,7	16,6	13,2
Mittel					10,0	12,4	14,2	15,6	13,1

300 dt/ha Stallmist

& Luzerneuntersaat

+ Aufwuchs gemulcht

* Gründung Perserklee

Tabelle 8: Der Rohproteingehalt (% in TM) von Winterweizen in Wieselburg im Mittel der Jahre 1992/1998 in Abhängigkeit von Vorfrucht, Fruchtfolge und Düngungsintensität

Table 8: Effects of crop rotation, preceding crop and fertilizer level on protein content (% in d.m.) of winter wheat in the experimental site Wieselburg on the average of two test years (1992 and 1998)

	Fruchtfolge				Düngungsstufe				Mittel
	88/94	89/95	90/96	91/97	1	2	3	4	
A1	ZR	WW	SG	ZR	11,4	11,8	12,2	12,2	11,9
A2	ZR#	WW	SG	ZR#	9,9	11,3	14,0	12,6	11,9
A3	ZR	WW	SG	AB	10,7	12,1	13,0	12,6	12,1
B1	ZR	WW	WR	Hafer	10,5	11,9	12,5	12,6	11,9
B2	SM	WW	Raps	AB	10,3	12,0	12,7	12,7	11,9
B3	Klee+	WW	SG&	Klee+	11,1	12,2	12,7	12,9	12,2
B4	WW S	G&	Klee+	Klee+	11,9	12,6	12,8	13,0	12,6
B5	AB	WW	KM	Hafer	10,7	12,2	12,7	12,7	12,1
B6	WG	WW	ZR	AB	9,7	11,9	12,8	13,5	12,0
C1	Hafer	WW	SG	WR	10,4	12,2	12,3	12,9	12,0
C2	Raps	WW	Hafer	AB	9,7	12,2	12,3	12,9	12,0
D1	Hafer	WW*	SG	WR*	11,2	12,3	13,6	13,0	12,1
D2	Hafer	WW	Raps	AB	11,2	11,8	11,9	13,3	12,0
Mittel					10,6	12,0	12,7	12,9	12,1

300dt/ha Stallmist

& Rotkleeuntersaat

+ Aufwuchs gemulcht

* Gründung Sommerraps

frucht Sommergerste aus. In Fuchsenbigl betrug der Unterschied rund 3 % und in Wieselburg rund 2,5 % gegenüber den anderen Vorvorfrüchten. Die Wirkung der Körnerleguminosen (Körnererbse bzw. Ackerbohne) war gering bzw. uneinheitlich.

Auf beiden Standorten war auch eine Steigerung des Rohproteingehaltes um 2,1 bzw. 1,3 % infolge der Stallmistdüngung zur Vorvorfrucht Zuckerrübe festzustellen.

3.4 Die Wirkung der Einarbeitung der Ernterückstände

Die Wirkung der Einarbeitung der Ernterückstände gegenüber einer Abfuhr vom Feld ist in Tabelle 9 dargestellt.

Im Mittel der Testjahre sind bei Winterweizen auf beiden Standorten und beiden N-Düngungsstufen leichte Mindererträge bei den Varianten mit Einarbeitung der Ernterückstände zu beobachten (im Totalmittel: -1,8 dt/ha).

Bezüglich des Rohproteingehaltes zeigten sich standörtliche Unterschiede. Sind in Wieselburg praktisch keine Differenzen zu beobachten, so führte die Einarbeitung der Ernterückstände in Fuchsenbigl zu einer Erhöhung des Rohproteingehaltes um durchschnittlich 0,7%.

Bei der zweiten Testfrucht Sommergerste führte die Einarbeitung der Ernterückstände ebenfalls zu einer geringfügigen

Verminderung des Ertrages, aber in Summe zu unveränderten Rohproteingehalten (Tab. 10).

Selbst wenn nur die Fruchtfolgen A1 und A2 betrachtet werden, wo sich durch die Einarbeitung des Zuckerrübenblattes für den nachfolgenden Winterweizen bzw. die Sommergerste eine Ertragswirkung erwarten ließe, so war dies auf keinem Standort der Fall, im Gegenteil, es ergaben sich durch die Einarbeitung sogar geringfügige Mindererträge.

4. Diskussion

Bei der Beurteilung der Testfruchtergebnisse ist zu berücksichtigen, dass hierin die unmittelbare Vorfruchtwirkung und die kumulative Fruchtfolgewirkung zusammenfallen.

Tabelle 9: Die Wirkung einer Einarbeitung der Ernterückstände gegenüber einer Abfuhr vom Feld auf den Winterweizenenertrag (dt/ha) und Rohproteingehalt (% in TM) bei mittleren N-Düngungsstufen und im Mittel der Jahre 1992 und 1998

Table 9: Effects of the incorporation of crop residues compared to their removal from the field on winter wheat yield (dt/ha) and protein content (% in dm) on the average of nitrogen dressings and 1992 and 1998

		Düngungsstufe					
		Abfuhr der Ernterückstände			Einarbeitung der Ernterückstände		
Ertrag	Fuchsenbigl Wieselburg	2	3	Mittel	5	6	Mittel
				57,9	60,3	59,1	57,0
		75,6	79,3	77,5	74,5	77,9	76,2
Mittel				68,3			66,5
Rohprotein	Fuchsenbigl Wieselburg	12,4	14,2	13,3	13,6	14,6	14,1
		12,0	12,7	12,4	12,1	12,7	12,4
Mittel				12,9			13,3

GD 5% Fuchsenbigl zwischen zwei Düngungsstufenmittelwerten: Ertrag: 2,14; Rohproteingehalt 1,51

GD 5% Wieselburg zwischen zwei Düngungsstufenmittelwerten: Ertrag 1,76; Rohproteingehalt 1,24

Tabelle 10: Die Wirkung einer Einarbeitung der Ernterückstände gegenüber einer Abfuhr vom Feld auf den Sommergerstenertrag (dt/ha) und Rohproteingehalt (% in TM) bei mittleren N-Düngungsstufen und im Mittel der Jahre 93/99

Table 10: Effects of the incorporation of crop residues compared to their removal from the field on spring barley yield (dt/ha) and protein content (% in d.m.) on the average of nitrogen dressings and 1993/1999

		Düngungsstufe					
		Abfuhr der Ernterückstände			Einarbeitung der Ernterückstände		
Ertrag	Fuchsenbigl Wieselburg	2	3	Mittel	5	6	Mittel
				44,4	45,9	45,1	44,7
		42,8	47,6	45,2	40,5	46,0	43,3
Mittel				45,2			43,9
Rohprotein	Fuchsenbigl Wieselburg	12,5	13,1	12,8	12,7	12,9	12,8
		11,9	12,1	12,0	11,7	12,0	11,8
Mittel				12,4			12,3

GD 5% Fuchsenbigl zwischen zwei Düngungsstufenmittelwerten: Ertrag 1,11; Rohproteingehalt 0,79

GD 5% Wieselburg zwischen zwei Düngungsstufenmittelwerten: Ertrag 1,28; Rohproteingehalt 0,91

Die Gegenüberstellung geeigneter Fruchtfolgevarianten lässt aber Rückschlüsse auf den Langzeiteffekt bestimmter Fruchtfolgeglieder zu. So ist beim Vergleich der Fruchtfolgen B1 (84% Getreide) und C1 (100% Getreide) in Fuchsenbigl keine positive Wirkung der vier Jahre zurückliegenden Blattfrucht (Zuckerrübe) zu erkennen. Auch beim Vergleich der Fruchtfolgen C2 und D2, in denen Körnererbse entweder 4 oder 2 Jahre vor der Testfrucht bei sonst gleichen Fruchtfolgen lag, ergeben sich keine Unterschiede. In Wieselburg eignen sich zu solch einem Vergleich die Fruchtfolgen B1 und B5, wobei die aufgelockerte Fruchtfolge (B5) zu Mehrerträgen bei der Testfrucht führte. Hingegen traten bei einem Vergleich der Fruchtfolgen A3 und D2, in denen Raps entweder 4 oder 2 Jahre vor der Testfrucht bei sonst gleicher Fruchtfolge angebaut wurde, keine Unterschiede auf. Schließlich konnte kein Einfluss der Vorfrüchte auf den Ertrag der zweiten Testfrucht beobachtet werden. Das bedeutet, dass die unmittelbare Vorfrucht den größeren Einfluss auf die Ertragshöhe aufweist, als die Gestaltung der gesamten Fruchtfolge. Dies steht in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von FISCHBECK et al. (1969) oder CHRISTEN (2001).

Auf beiden Standorten schnitt eine Luzerne- bzw. Kleebrache gemessen am Ertrag des nachfolgenden Winterweizens am besten ab. Während aber in Fuchsenbigl keine Unterschiede zwischen ein- und zweijähriger Luzernebrache auftraten, waren die Winterweizenerträge der zweijährigen Brache in Wieselburg deutlich höher. Der Rohproteingehalt der Testfrucht Winterweizen war jedoch auf beiden Standorten nach zweijähriger Brache höher. Körnerleguminosen bewirkten fast so hohe oder gleich hohe Winterweizenerträge wie Kleebrache, wohl aber etwas niedrigere Rohproteingehalte im nachfolgenden Winterweizen. POMMER (1994) stellte die höchsten Winterweizenerträge nach dreijährigem Klee gras fest und höhere Erträge nach Ackerbohne als nach Rotklee. Auch in den Versuchen von LOPEZ-BELLIDO et al. (1996) im mediterranen Raum schnitt Ackerbohne etwas besser als Brache ab.

Für den Praktiker wird bei den berichteten geringen Ertragsunterschieden zwischen den Leguminosenarten entscheidend sein, dass mit Körnerleguminosen finanzielle Einnahmen verbunden sind und mit Brache nicht (es sei denn, sie wird gefördert).

In Wieselburg folgt den Leguminosen in der Vorfruchtwirkung Hafer, dessen positive Wirkung seit langem bekannt und vor allem auf seine phytosanitären Eigenschaften zurückzuführen ist (z.B. MAIDL et al., 1996). Bei den Versuchen von MCEWEN et al. (1989) lag die Vor-

fruchtwirkung von Hafer allerdings unter jener von Winterraps und in gleicher Höhe wie von Winterweizenvorfrucht. VEZ (1975) stellt Hafer in seiner Vorfruchtwirkung den Hackfrüchten gleich.

In Fuchsenbigl folgt den Leguminosen in der Vorfruchtwirkung Zuckerrübe mit Stallmist, sowohl was den Ertrag als auch was den Rohproteingehalt betrifft, gefolgt von Winterraps. Im Gegensatz zu unseren Ergebnissen wird die Vorfruchtwirkung von Raps von MCEWEN et al. (1989) besser bewertet, die die Vorfruchtwirkung von Raps mit jener von Erbse oder Bohne gleichsetzen. In den Versuchen von CHRISTEN et al. (1992) war in drei von vier Testjahren hingegen Erbse die günstigere Vorfrucht als Raps.

Vorfrucht Zuckerrübe führte nur auf einem der beiden Standorte zu durchschnittlich höheren Winterweizenerträgen als nach Winterroggen in reinen Getreidefruchtfolgen. Über eine nur geringe Vorfruchtwirkung von Zuckerrübe im Vergleich zu Weizenmonokultur berichtet auch KAHNT (1986).

Die schlechteste Vorfruchtwirkung erreichten in beiden Klimagebieten reine Getreidefruchtfolgen. Dies stimmt mit den Ergebnissen z.B. von BACHTHALER (1979b) überein, der einen Ertragsrückgang von 7% von reinen Getreidefruchtfolgen gegenüber einer Fruchtwechselfolge feststellte.

Nur Perserklee als Zwischenfrucht brachte in Fuchsenbigl leichte Ertrags- und Qualitätsvorteile. Mit Sommerraps in Wieselburg waren keine Vorteile zu erzielen. Dies steht in gewissem Widerspruch zu den Ergebnissen eigener Versuche (DACHLER und KÖCHL, 1994), in denen auch mit Sommerraps in Wieselburg – wenn auch nicht signifikante – Ertragsvorteile erzielt worden sind. Nach verschiedenen anderen Autoren (zit. bei RENIUS und LÜTKE-ENTRUP, 1992) kann nach Zwischenfrüchten in der Folgefrucht mit einer Ertragssteigerung von 4–6% gerechnet werden, wobei die positive Wirkung auf leichten Böden größer ist als auf schweren. Letzteres erklärt z.T. die mangelhafte Wirkung auf den schweren Böden Wieselburgs.

Bei der zweiten Testfrucht (Sommergerste) konnte keine Ertragswirkung durch die Vorfrucht beobachtet werden. Eine Nachwirkung des Leguminosenanbaus auf den Kornertrag der zweiten Folgefrucht Wintergerste konnten auch MAIDL et al. (1996) nicht nachweisen. Allerdings wurde durch Klee- und Luzernebrache bzw. durch Zuckerrübe mit zusätzlicher Stallmistdüngung der Rohproteingehalt deutlich positiv beeinflusst.

Eine zusätzliche Stallmistgabe vor Zuckerrübe führte beim nachfolgenden Winterweizen nur auf einem der bei-

den Standorte zu positiven Ertragseffekten. Über geringe langfristige Ertragseffekte durch zusätzliche Stallmistgaben berichten UHLEN et al. (1994).

Die Mindererträge, die durch die Einarbeitung der Ernterückstände verursacht werden, können verschiedene Ursachen haben (KUMAR und GOH, 2000). Einerseits kann dies an einer erschwerten Saatbettbereitung liegen oder an einer temporären N-Fixierung und verspäteten N-Freisetzung. Auf letzteres würde der höhere Proteingehalt bei der Variante mit Einarbeitung der Ernterückstände hinweisen. Andererseits kann die Ursache auch in einem erhöhten Krankheitsdruck durch befallene Ernterückstände zu suchen sein.

Die Wirkungen der mineralischen Stickstoffdüngung entsprechen den Ergebnissen anderer Versuchsserien unseres Hauses (DERSCH, 2000) oder jenen des benachbarten Auslandes (MOREL et al., 2001).

Wenn auch die ökonomischen Gegebenheiten in der Praxis oft zu einer vereinfachten Fruchtfolgegestaltung zwingen, so konnte mit dieser Versuchsserie doch aufgezeigt werden, dass günstige Vorfrüchte zu Ertrags- und Qualitätsvorteilen führen. Die lange Laufzeit des Versuches stellt eine gute Grundlage für weitergehende bodenökologische und ökonomische Analysen dar.

Literatur

- BACHTHALER, G. (1979a): Fruchtfolge und Produktionstechnik. BLV-VerlagsgesmbH, München.
- BACHTHALER, G. (1979b): Standortabhängige Auswirkungen getreidestarker Fruchtfolgen im 18-jährigen Versuchsverlauf. Bayr. Ldw. Jb. 56, 857–886.
- CHRISTEN, O., K. SIELING and H. HANUS (1992): The effect of different preceding crops on the development, growth and yield of winter wheat. Eur. J. Agron. 1(1), 21–28.
- CHRISTEN, O. (2001): Ertrag, Ertragsstruktur und Ertragsstabilität von Weizen, Gerste und Raps in unterschiedlichen Fruchtfolgen. Pflanzenbauwissenschaften 5 (1), 33–39
- DACHLER, M. und A. KÖCHL (1994): Die Wirkung verschiedener Gründüngungspflanzen auf Ertrag und Erlös der Folgekultur. Die Bodenkultur 45 (2), 139–146.
- DERSCH, G. (2000): Trotz Extensivierungsaufgaben höchste Weizenqualität erzeugen. Blick ins Land 3, 21–23.
- FISCHBECK, G., H. HANUS und H. FRANKEN (1969): Systemwirkungen von Fruchtfolgen. Z. f. Acker- und Pflanzenbau 129, 310–324.
- KAHNT, G. (1986): Biologischer Pflanzenbau – Möglichkeiten und Grenzen biologischer Anbausysteme. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- KARLEN, D. L., G. E. VARVEL, D. G. BULLOCK and R. M. CRUSE (1994): Crop rotations for the 21st century. Adv. Agron. 53, 1–45.
- KUMAR, K. and K. M. GOH (2000): Crop Residues and Management Practices: Effects on Soil Quality, Soil Nitrogen Dynamics, Crop Yield, and Nitrogen Recovery. Adv. Agron. 68, 197–319.
- LOPEZ-BELLIDO, L., M. FUENTES, J. E. CASTILLO, F. J. LOPEZ-GARRIDO and E. J. FERNANDEZ (1996): Long-Term Tillage, Crop Rotation, and Nitrogen Fertilizer Effects on Wheat Yield under rainfed Mediterranean Conditions. Agron. J. 88, 783–791.
- MAIDL, F. X., F. X. HAUNZ, A. PANSE and G. FISCHBECK (1996): Transfer of Grain Legume Nitrogen within a Crop Rotation Containing Winter Wheat and Winter Barley. J. Agronomy & Crop Science 176, 47–57.
- MCEWEN, J., R. J. DARBY, M. V. HEWITT and D. P. YEOMAN (1989): Effects of field beans, fallow, lupins, oats, oilseed rape, peas, regrass, sunflowers and wheat on nitrogen residues in the soil and on the growth of a subsequent wheat crop. J. Agric. Sci. Cambridge 115, 209–219.
- MOREL, J., K. BOVIGNY, L. HÜRLIMANN, P. LAVANCHY, G. MANGOLD, H. MENZI, D. TSCHAMPER und H.-J. ZEHN- DER (2001): Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau 2001. Agrarforschung 8 (6), 80 S.
- POIRET, M. (1999): Entwicklung im Ackerbau und Auswirkungen auf die Umwelt. Europäische Kommission. http://europa.eu.int/comm/dg06/envir/report/de/evo_c_u_de/report.htm
- POMMER, G. (1994): Fruchtfolgewardirkung unterschiedlicher Blattfrüchte in einem langjährigen Daueranbau mit Winterweizen. 1. Mitt.: Ertragsrelationen und Wurzelwachstum von Winterweizen nach unterschiedlichen Blattfrüchten. Agrobiol. Res. 47 (1), 49–55.
- RENIUS, W. E. und N. LÜTKE-ENTRUP (1992): Zwischenfruchtbau. DLG-Verlag, Frankfurt.
- SCHUHMAN, P., V. MICHEL und U. THAMM (2001): Bonus für die Nachfrucht, Neue Landwirtschaft 11, 36–39.
- STEINBRENNER, K., H.-J. LISTE und G. KÜHN (1982): Die Stellung des Getreides in der Fruchtfolge und der Einfluss der Vorfrucht auf den Ertrag von Winterweizen, Wintergerste, Winterroggen, Sommergerste und Hafer. Arch. Acker- u. Pflanzenbau und Bodenkultur 26 (3), 183–192.

- UHLEN, G., A. G. KOLNES and B. THORBJØRNSON (1994): Effects of long-term crop rotations, fertilizer, farm manure and straw on soil productivity. I. Experimental design and yields of grain, hay and row crops. *Norwegian J. Agric. Sci.* 8, 243–258.
- VEZ, A. (1975): Beobachtungen aus zehnjährigen Fruchtfolgeversuchen der Forschungsanstalt Changins. *Mitt. Schweiz. Landw.* 23, 219–228.
- VOLLMANN, J. (2000): Bauern unterstützen Forschung mit Daten aus der Praxis. *Blick ins Land* 8, 33–35.

Anschrift der Verfasser

Dipl.-Ing. Dr. Michael Dachler, Hofrat Dipl.-Ing. Arnold Köchl, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Landwirtschaftliche Untersuchungen und Forschung – Wien, Spargelfeldstrasse 191, A-1226 Wien; E-mail: mdachler@lwwie.ages.at

Eingelangt am 10. April 2002

Angenommen am 5. Juli 2002