

(Aus dem Institut für Pflanzenbau, Lehrstuhl für speziellen Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Bonn, Vorstand: Prof. Dr. Dr. h.c. K.-U. HEYLAND)

Auswirkung geänderter Saatstärke und Reihenzahl zur Durchführung von Gülleinjektionen auf Bestandesaufbau und Ertragsbildung von Winterweizen*

Von A. WERNER

(Mit 9 Abbildungen)

Zusammenfassung

In Parzellenversuchen auf zwei Standorten im Rheinland (1988–1991) wurde untersucht, wie Bestände von Winterweizen anzulegen sind, wenn in diesen die Versorgung mit Stickstoff durch reihenweise Injektion von Gülle (Schweinegülle) in den stehenden Bestand erfolgt.

Die für die Durchführung der Injektionsverfahren für Gülle in Weizenbeständen erforderlichen freien Bodenbereiche können auf den geprüften Standorten mit guter Nährstoffnachlieferung ohne Ertragsverlust durch Auslassen jeder zweiten oder auch jeder dritten Saatreihe eingerichtet werden (geprüfter Reihenabstand: 12,5 cm).

Die für die Standortverhältnisse optimierte Saatstärke muß bei Verringerung der Reihenzahl pro Säbreite nicht geändert werden. Verringerte Saatstärken können unter ungünstigen Witterungsbedingungen zu Mindererträgen führen.

Der Bestandesaufbau des Weizens wird durch die fehlenden Saatreihen (auch bei mineralischer N-Düngung) nicht negativ beeinträchtigt. Die Verteilung der gleichen Saatstärke auf weniger Reihen führt zu einer Erhöhung der Konkurrenz in der Reihe. Diese wiederum bewirkt durch verringerte Anlage von Ähren bei gleichzeitiger Verbesserung von Kornzahl und Kornmasse je Ähre eine bessere Stellung der Einzelpflanzen. Eine derartige Besserstellung der Einzelpflanze ermöglicht teilweise höhere Erträge als bei voller Reihenzahl.

Die Verengung der Pflanzenabstände in der Reihe durch Auslassen von Saatreihen führte unter den geprüften Bedingungen in einem Versuchsjahr zu einer Verstärkung von Befall mit Mehltau.

Schlüsselworte: Gülledüngung, Bestandesaufbau, Saatstärke, Weizen, Ertrag.

* Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. K.-U. HEYLAND zum 65. Geburtstag gewidmet.

Effects of changing row density and seed rate of winter wheat on plant growth and grain yield in order to implement injection of liquid manure in standing cereal crops

Summary

Field experiments with winter wheat had been conducted on two locations in the Rhineland in Germany (1988 until 1991) concerning the nitrogen fertilization of cereal crops with liquid manure (pig slurry). In order to apply the liquid manure through injection (knifing in) into the standing crop some of the rows of the crop plants should not be sown. Objective of the research was to determine the effects of missing crop rows onto canopy development and grain yield.

For the examined locations having higher nutrient supply there was no yield difference when applying the liquid manure through injecting it into the soil either in every other or in every third missing crop row (used row distance: 12.5 cm).

It was not necessary to alter the site optimal seed rates when changing number of rows. Reduced sowing rates could lead to the risk of yield losses in some years.

The development of the crop stand is not affected negatively when having missing rows. Distributing the same seed rate onto fewer rows leads to increased plant competition within the row. This has in effect a reduced number of ears per plant, higher kernel numbers and increased grain weight per ear and thus enhances growth of the individual plant within the crop population. Through such an enhancement of the single plant these crop stands can have so some extend higher yields than with full row number.

Reducing the distance between plants within the row when having missing rows increased to susceptibility to powdery mildew during grain filling.

Key-words: fertilization with slurries, crop stand, seed rate, wheat, crop yield.

1. Einleitung und Problemstellung

Die Verwendung von tierischen Exkrementen in der Düngung von Kulturpflanzenbeständen ist als Maßnahme zur Recyclierung von Nährstoffen Voraussetzung für eine der möglichen Formen sachgerechter Tierproduktion. Werden diese organischen Dünger im Ackerbau eingesetzt, so sind hierbei einige wesentliche pflanzenbauliche Regeln zu beachten. Diese Regeln sollen eine ungünstige Beeinflussung der Bestandes- und Ertragsbildung der Kulturpflanze sowie die Entstehung von Emissionen in Nachbarökosystemen verhindern.

Ein Kulturpflanzenbestand kann aufgrund der nicht vorhersagbaren Umwelteinflüsse erheblichen Variationen im zeitlichen Ablauf der Ausprägungen seiner Bestandesmerkmale und dem Endergebnis (Ertrag) unterliegen. Um dennoch vordefinierte Produktionsziele im Anbau einer Kulturpflanze zu erreichen, ist eine Abstimmung des aufzubauenden Bestandes an die zu erwartenden Ergebnisse und eine weitestgehende Regelbarkeit des zeitlich sich verändernden Bestandesaufbaus erforderlich (HEYLAND 1980). Dies setzt die Erstellung eines Pflanzenbestandes schon durch die Saat voraus, der von der Ertragservartung und den zu erwartenden Rahmenbedingungen abhängig ist (KOCHE 1986). Desweiteren müssen entstehende Abweichungen in den Beständen von den anzustrebenden Größenordnungen durch gezielten Einsatz von bestandesbeeinflussenden Wachstumsfaktoren (überwiegend Stickstoff) korrigiert werden können (HEYLAND und TRIEBEL 1986). Dies muß auch für den aus der Gülle zu verwendenden Stickstoff gelten.

Für eine zielgerechte Bestandesentwicklung ist zudem eine optimale Gestaltung des Wachstumsraumes der Einzelpflanze im Bestand erforderlich. Hierzu wird zur Nutzung von Regelmechanismen für die Einzelpflanzenentwicklung eine gerichtete zwischenpflanzliche Konkurrenz aufgebaut (HEYLAND und SCHEER 1984). Diese wird nach HEYLAND und GROSSE-HOKAMP (1985) durch ein definiertes Verhältnis von Länge zu Breite des Standraums der Einzelpflanze erreicht. Unter einer Vielzahl mitteleuropäischer Anbauverhältnisse beträgt dieses Standraumverhältnis 1:4 (Abstand der Körner in der Reihe zum Abstand zur Nachbarreihe; u. a.: GROSSE-HOKAMP 1983, HEYLAND und TRIEBEL 1986) und definiert somit bei vorgegebenen Saatstärken (s. o.) optimale Reihenabstände.

In der landwirtschaftlichen Praxis stehen zur Zeit überwiegend breitwürfige Ausbringungssysteme für die Gülledüngung zur Verfügung (STEFFENS 1988, VETTER und KOWALEWSKY 1991). Diese applizieren die Gülle durch Wurf- oder Spritztechniken auf den Boden bzw. auf Pflanzenbestände. Hierbei entstehen je nach Umweltbedingungen und Bodeneigenschaften teilweise erhebliche gasförmige Ammoniumverluste. Um diese zu vermeiden, ist eine Einarbeitung der ausgebrachten Gülle bzw. die Ausbringung der Gülle unmittelbar in den Boden („Injektion“) durch geeignete Techniken erforderlich (u. a.: BLESS 1990, KOLENBRANDER 1981). Als Verbesserung gegenüber breitwürfiger Technik gelten Verfahren, die die Güllen in Getreidebeständen durch Schleppschläuche oder Auslaufrohre bodennah und zwischen die Getreidereihen applizieren (CARLSON et al. 1989, HOFFMANN 1986, SPIELHAUS 1990).

Die Notwendigkeit bedarfsgerechter Terminierung und verlustfreier Applikation der Gülle durch Injektion macht einen gezielten Aufbau des Getreidebestandes bei der Saat und den Einsatz von Gülle-Stickstoff während der Bestandesentwicklung erforderlich. Injektion von Gülle in die unter mitteleuropäischen Klimaten mit engen Reihenabständen (8 bis 14 cm) gesäten Getreidebestände ist nur möglich, wenn einzelne Reihen der Saatsbreite nicht gesät werden und damit ausreichend Platz für die Injektionsorgane verbleibt.

Diese Forderung führt zu Abweichungen von der bisher als für eine Bestandesführung optimal erachteten Begründung von Pflanzenbeständen mit möglichst engen Reihenabständen und flächig gleichmäßiger Aussaat.

Ziel der hier darzulegenden Arbeit war es deshalb, zu ermitteln:

- Welches Muster an nicht zu besäenden Reihen im Getreidebestand ist für die Düngung durch Gülleinjektion erforderlich?
- Sind durch das geänderte Saatreihenmuster Anpassungen in den für „normale“ Anbaubedingungen als optimal für die Standortbedingungen erachteten Saatsstärken erforderlich?
- Welche Auswirkungen haben die frei zu lassenden Saatreihen und die Durchführung der Gülleinjektion in den Boden auf das Verhalten von Weizenbeständen und deren Ertragsbildung?

2. Material und Methoden

In den Jahren 1988 bis 1991 wurden zu diesen Fragen Parzellenversuche durchgeführt.

Versuchsfaktoren

Als Einflußgrößen wurden in Form von Versuchsfaktoren untersucht:

1. Standorteinfluß
2. Bestandesaufbau (Fehlreihen und Saatstärke)
3. N-Düngungssystem (Menge und Verteilung N-Dünger)
4. Sorteneinfluß (nur 1990 und 1991)

1. Zur Ermittlung des **Standorteinflusses** wurden alle Versuche auf den Standorten Dikopshof und Klein-Altendorf durchgeführt. Bei beiden handelt es sich um Versuchsgüter der Universität Bonn (Inst. f. Pflanzenbau bzw. Inst. f. Landwirtschaftliche Betriebslehre). Die klimatische Lage des Dikopshofs ist ein sommertrockener Standort mit frühem Vegetationsbeginn. Klein-Altendorf dagegen weist einen späteren Vegetationsbeginn bei kühlerem Gesamtklima auf. Die Witterung der Einzeljahre unterschied sich erheblich.

In beiden Fällen liegt als Boden eine Parabraunerde aus Löß vor. Spezifische Kenngrößen der Substrateigenschaften sind bei u. a. SCHMITZ (1985) beschrieben.

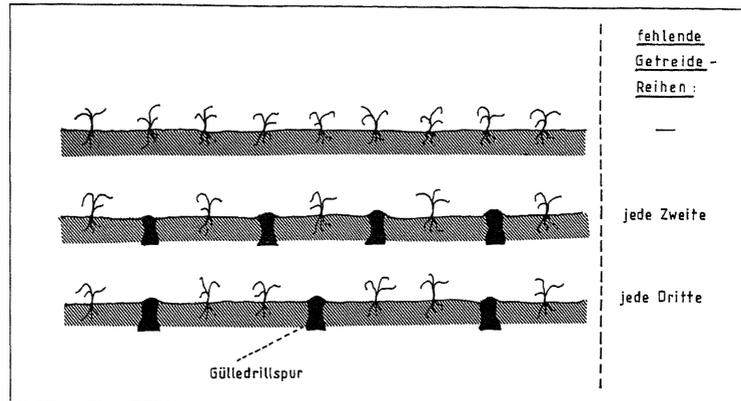
2. **Bestandesaufbau:** Als Ausgangsvariante wird der Getreidebestand verwendet, der durch Optimierung der Saatstärke mit Hilfe des „Anbauverfahrens Bonn“ in den jeweiligen Jahren etabliert wurde. Die anzustrebenden Pflanzendichten nach Winter (Tab. 1) werden hierbei anhand der Ertragserwartung und der Standortbedingungen bei Einlagerung und Reife durch Abschätzung der notwendigen Ährendichte ermittelt (Kochs 1986). Bei Berücksichtigung der zu erwartenden Überwinterung werden daraus die notwendigen Saatstärken ermittelt (Tab. 1).

Tabelle 1

Anbauangaben und Rahmenbedingungen zu den Versuchen

Erntejahr/ Standort	Vor- frucht	Be- hand- lung Vor- frucht- reste	Termine		Soll- pflan- zen nach Winter (1/m ²)	Saat- stärke (1/m ²)	Sorten	N _{min} (0-30/ 30-60/ 60-90) (kg N/ha)	Bemer- kungen
			Saat	Ernte					
1988									
Dikopshof	Zucker- rüben	Blatt abge- fahren	3.11.87	5.8.88	329	354	Okapi	16/11/9 (Feb.'88)	—
Klein- Altendorf	Zucker- rüben	Blatt einge- arbeitet	19.11.87	11.8.88	329	354	Sperber	17/13/8 (Feb.'88)	—
1989									
Dikopshof	Hafer	Stroh abge- fahren	31.10.88	14.8.89	320	361	Okapi	—	—
Klein- Altendorf	Zucker- rüben	Blatt einge- arbeitet	14.11.88	9.8.89	320	356	Sperber	4/5/4 (Feb.'89)	—
1990									
Dikopshof	Körner- mais	Stroh einge- arbeitet	14.11.89	2.8.90	329	354	Pagode, Sperber	18/44/44 (1.2.90)	Sym- ptome der virösen Gelb- ver- zwer- gung
Klein- Altendorf	Zucker- rüben	Blatt einge- arbeitet	15.11.89	6.8.90	353	395	Pagode, Sperber	34/15/8 (1.2.90)	
1991									
Klein- Altendorf	Zucker- rüben	Blatt einge- arbeitet	7.11.90	15.6.91	329	378	Pagode, Sperber	3/1/22 (19.2.91)	—

Abb. 1: Schema der Variation des Musters an freigelassenen Drillreihen für die Gülleinjektion („Gülledrille“)



Bei Durchführung der Gülleinjektion in den Getreidebestand muß auf einige Saatreihen verzichtet werden. Diese Überlegung macht es notwendig zu prüfen, wie diese Fehlreihen im Bestand einzugliedern sind. Hierzu wurde aus der Ausgangsvariante (= jede Reihe) entweder jede zweite oder jede dritte Drillreihe nicht besät (Abb. 1).

Hierdurch ändert sich die für die notwendigen Regelmechanismen der zwischenpflanzlichen Konkurrenz als optimal angesehene Verteilung des Saatgutes erheblich. Aus diesem Grund wurde zusätzlich geprüft, ob eine Anpassung der Saatstärke an die geänderten Standraumverhältnisse erforderlich ist. Durch die Kombination von Reihenweiten und Saatstärken ergeben sich theoretische Einzelpflanzenstandräume und Längen-/Breitenverhältnisse dieser Standräume (Abb. 2).

fehlende Getreide-Reihen:		bei Saat-	Längen/	Einzel-	Distanz
		stärke	Breiten/ Verhältnis Standraum	pflanzen Standraum [A] (cm ²)	zwischen Körnern [d] (cm)
—		100% (≈360 K/m ²)	1: 5,6	27,8	2,22
jede Zweite		50%	1: 11,3	55,6	2,22
		100%	1: 22,5	27,8	1,11
jede Dritte		66%	1: 8,4	42,0	2,24
		100%	1: 12,7	27,8	1,48

Abb. 2: Theoretische Größe des Standraums der Einzelpflanze und des Längen-/Breitenverhältnisses des Standraumes bei den geprüften Bestandssystemen (gewählte Saatstärke = 360 Körner/m²)

Bestandesaufbau:	Saatstärke %	fehlende Getreidereihen	
Ausgangssituationen	100	—	S1
hohe Dichte Gülledrillreihen	50	jede zweite	S2
hohe Dichte Gülledrillreihen	100	jede zweite	S3
mittlere Dichte Gülledrillreihen	66	jede dritte	S4
mittlere Dichte Gülledrillreihen	100	jede dritte	S5

3. Der Faktor „N-Düngungssystem“ variierte die Verteilung der für die Bestandesversorgung erforderlichen N-Menge. Es wurden neben der reinen Gülledüngung auch Vergleiche mit mineralischer N-Düngung (Kalkammonsalpeter (1989) bzw. Flüssigdüngung: AHL) durchgeführt (nicht im Jahr 1988).

Tabelle 2
Termine und Mengen der N-Düngung der Weizenbestände

Erntejahr/ Standort	Datum	Mengen an N-Dünger Gülledüngung			mineralische Düngung		
		EC-Sta- dium	„frühbe- tont“ (kg N/ha)	„spätbe- tont“ (kg N/ha)	Datum	EC-Sta- dium	Menge (kg N/ha)
1988							
Dikopshof	6.4.	25	100	60			
	10.5.	33	80	120			
Klein-Altendorf	7.4.	23	100	60			
	11.5.	32	80	120			
	Summen:		180	180			
1989							
Dikopshof	20.3.	23	100	60	20.3.	23	30
	9.5.	33	80	120	21.4.	31	70
					8.5.	33	30
					1.6.	57	69
				14.6.	69	46	
							245
Klein-Altendorf	21.3.	23	100	60	20.3.	23	40
	10.5.	32	80	120	21.4.	30	40
					8.5.	33	—
					1.6.	59	56
				14.6.	69	38	
	Summen:		180	180			174
1990							
Dikopshof	14.3.	21	80	40	13.3.	21	48
	25.4.	31	40	80	24.4.	31	30
	22.5.	39	40	40	29.5.	56	54
					12.6.	71	36
							168
Klein-Altendorf	14.3.	21	80	40	12.3.	21	60
	25.4.	31	40	80	24.4.	31	21
	22.5.	39	40	40	29.5.	51	53
					12.6.	71	35
	Summen:		160	160			169
1991							
Klein-Altendorf	18.3.	21	80	40	20.3.	21	45
	16.4.	27	40	80	17.4.	27	29
	25.5.	33	40	40	23.5.	33	20
					11.6.	49	45
				27.6.	71	30	
	Summen:		160	160			169

Düngungssystem:

- a) Gülle, „frühbetont“ (höhere N-Mengen zur Bestockung)
- b) Gülle, „spätbetont“ (höhere N-Mengen nach Bestockung)
- c) mineralische Düngung (Ermittlung N-Mengen und Verteilung nach „Anbauverfahren Bonn“ (HEYLAND und KOCHS 1984))

Die Termine und Mengen der Düngergaben sind der Tabelle 2 zu entnehmen. Für die Berechnung der N-Mengen der Gölledüngung wurden nur die Ammonium-Anteile am Gesamtstickstoffgehalt der Gülle zugrundegelegt (Tab. 3).

Tabelle 3

Technische Angaben zur Versuchsdurchführung

Saattechnik:	Drillsaat; Geräteträger Fa. HEGE, Verteilprinzip auf Ausläufe: Ojard; Reihenabstand: 12,5 cm
Gölleeinarbeitung (nur 1988 und 1989):	dem Ausbringungsgerät nachlaufende Egge mit Saatstiegel
Gölledrille:	Auslaufprinzip; Stiefelschare mit nachlaufenden Zusteichern Applikationstiefe ca. 10 cm
Gölle:	Schweinegülle, N _{ges} -Gehalte: 0,34 bis 0,43 %; davon NH ₄ -Anteil: 75 bis 78 %
Pflanzenschutz und Unkrautbekämpfung:	nach Bedarf und betriebsüblich
Ernteparzelle:	Nettofläche: 9 m × 1,1 m = 9,9 m ²

Die Anlage der Parzellen erfolgte innerhalb von größeren Schlägen von Winterweizen mit den in Tabelle 1 dargelegten Vorbedingungen.

Die maximal in den Versuchen erreichten Kornerträge betragen:

	Dikopshof	Klein-Altendorf
1988	9,33	9,96 t/ha
1989	6,44	8,82 t/ha
1990	6,55	7,33 t/ha
1991	—	9,60 t/ha

4. In den Jahren 1990 und 1991 wurde zusätzlich der **Sorteneinfluß** untersucht. Hierzu wurden Genotyten mit unterschiedlichem Ertragsbildungstypus eingesetzt (Tab. 1).

Technische Durchführung

Die Ausbringung der Gülle erfolgte mit Hilfe eines selbstgebauten Verteilgerätes auf einem Geräteträger. Die Gülle wurde hierbei drucklos durch Schwerkraftauslauf aus einem Vorratsbehälter über ein großvolumiges Verteilrohr gleichmäßig auf die Applikationsschare verteilt. Die Zahl und der Abstand der Ausläufe wurde der jeweils zu prüfenden Standraumzuweisung (Abb. 1) angepaßt. Die auszubringende Göllemenge wurde durch Änderung der Fahrgeschwindigkeit an die Zielvorgaben angepaßt.

Wurde die Gülle ohne anschließende Einarbeitung ausgebracht (Variante: „keine fehlenden Saatzeihen“), so wurde die Gülle durch die knapp über dem Boden laufenden Ausbringungsschare auf den Boden laufen gelassen (Jahr 1988: flächige Ausbringung durch Spritztechnik).

In den Jahren 1988 und 1989 wurde zusätzlich eine Einarbeitungsvariante

geprüft, bei der die Gülle durch nachlaufende Bodenbearbeitungsgeräte eingearbeitet wurde.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die angestrebten Pflanzdichten nach Winter wurden in der Regel weitestgehend erreicht (Abb. 3). Aufgrund schlechter Feldaufgänge lagen im Jahr 1990 die Pflanzdichten niedriger als angestrebt. In den übrigen, hier nicht dargestellten Versuchsjahren wurden die Sollpflanzdichten ausreichend genau erreicht (s. a. Tab. 5).

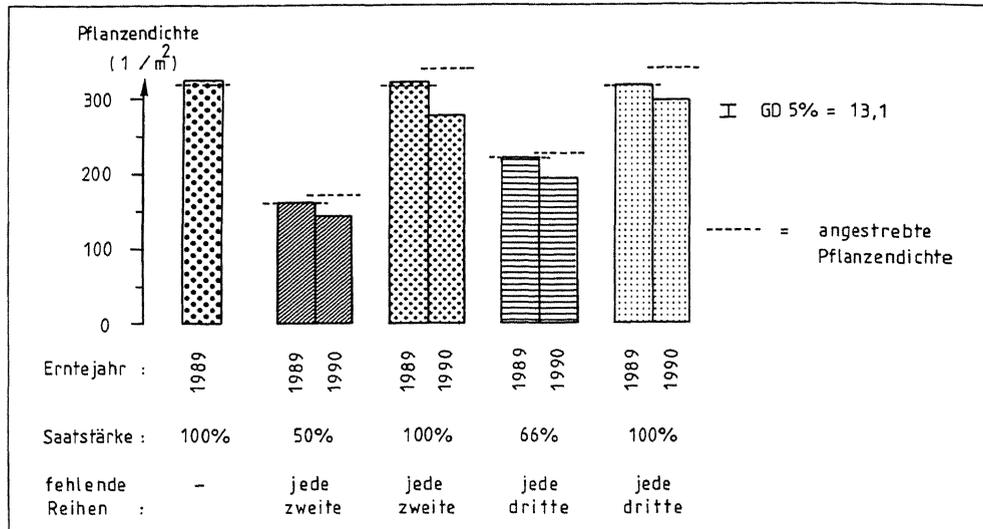
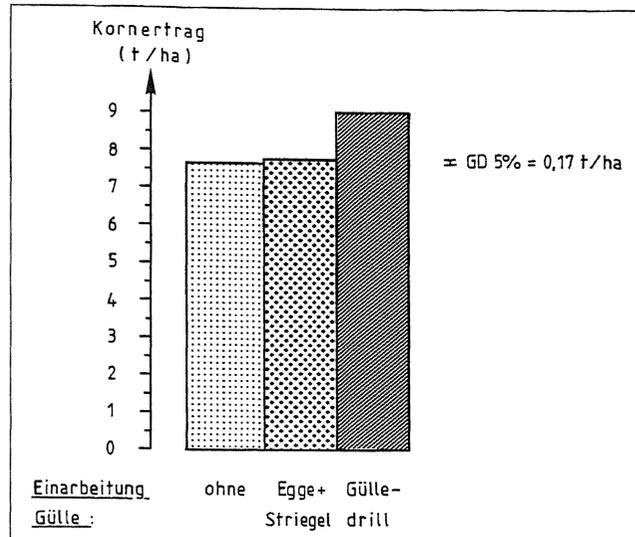


Abb. 3: Einfluß der Bestandesbegründung auf die Pflanzdichte nach Winter. (Mittelwerte über 2 Wiederholungen, 2 Orte, 2 N-Gülldüngungssysteme)

Die nachträgliche Einarbeitung der ausgebrachten Gülle war nur wenig günstiger für den Kornertag des Weizens als die flächige Ausbringung auf den Pflanzenbestand (Abb. 4). Eine gesichert bessere Beeinflussung des Kornertages ergab sich bei Eindrillung der Gülle zwischen die Reihen des Weizens. Hierbei war es unerheblich, welches N-Düngungssystem („früh“- oder „spätbetont“) verwendet wurde.

Eine gesichert schlechtere Wirkung der verwendeten Gülldüngungssysteme gegenüber der mineralischen N-Düngung konnte unter keinen Versuchsbedingungen gefunden werden. Die reine mineralische Düngung erbrachte tendenziell in einigen Jahren sogar geringere Erträge. Als ursächlich für die gute Nährstoffwirkung der Gülldüngung ist die ausschließliche Anrechnung des leicht pflanzenverfügbaren Ammonium-Stickstoffs für die Mengenermittlung sowie der gute Versorgungszustand der Böden der geprüften Orte anzusehen. Die vorliegende Schweinegülle hatte mit ca. 77% Ammoniumgehalt an der Gesamtstickstoffmenge einen für diese Gülleart in der Praxis häufig anzufindenden Wert (VETTER und KOWALEWSKY 1991). Auf Böden mit geringer Nährstoffnachlieferung konnten andere Autoren teilweise schlechtere Wirkungen differenzierter Güllgaben finden (ASMUS et al. 1981, VETTER und STEFFENS 1979). Der nicht zum Weizen angerechnete N-Anteil der Gülle ist in der Fruchtfolgebilanz zu berücksichtigen.

Abb. 4: Einfluß der Gülleeinbearbeitung auf den Kornertrag des Weizens. (Mittelwerte über 2 Wiederholungen, 2 Orte, 2 Versuchsjahre (1988, 1989), 2 Bestandesaufbauten (S2, S3), 2 N-Gülledüngungssysteme)



Die nicht unterscheidbare Ertragsbildung der beiden Gülledüngungssysteme überrascht, zumal höhere N-Gaben zur Bestockung bei Getreidebeständen sonst oft zu überhöhter unproduktiver Bestockung und damit zu schlechterer Ertragsbildung gegenüber gezielter später N-Versorgung führen (FISCHBECK et al. 1990). Es konnten aber unter den geprüften Bedingungen keinerlei gesicherte Unterschiede im Bestandesaufbau durch die N-Gülledüngungssysteme gefunden werden.

Der zeitliche Ablauf der Zusammensetzung der Pflanzenbestände wurde aber erheblich durch die Anlage des Bestandes (Saatstärke und Reihenzahl) beeinflusst. So war die Bildung von Nebentrieben bei der „normalen“ Bestandesbegründung (S1) zahlenmäßig deutlich stärker als bei den übrigen Bestandesaufbauten (Abb. 5). Die Reduktion der Triebdichte zur Ährendichte war in dieser Variante jedoch so hoch, daß in diesen Beständen dennoch vergleichbare Ährendichten wie in den Bestandesvarianten mit Fehlreihen erreicht wurden.

Die für das Jahr 1989 in Abbildung 5 dargestellten Verhältnisse sind exemplarisch für alle untersuchten Anbaujahre und Standortbedingungen. So war die sich in Abbildung 5 andeutende geringere Bestockung bei den Varianten mit „Fehlreihen“ trotz ähnlicher Ährendichte wie bei der „Normalvariante“ auch 1990 zu verzeichnen (Tab. 4). Die verringerten Saatmengen führten abgestuft entsprechend ihre Saatstärke zu höheren produktiven Bestockungen (Tab. 4, Abb. 5).

Deutlich erkennbar ist in dieser Ergebniszusammenstellung (Tab. 4), daß eine Verringerung der Samenkornabstände in der Reihe bei gleicher Saatstärke (aufgrund verringerter Reihenzahl = „Fehlreihen“) zu einer tendenziell geringeren produktiven Bestockung führte. Es wurden weniger Ähren je Einzelpflanze angelegt. Durch höhere Kornzahlen je Ähre und zusätzlich höhere Kornmassen je Ähre wurden die etwas geringeren Ährendichten (Abb. 5) aber überkompensiert: der Ertrag dieser Varianten (jede zweite oder jede dritte Reihe fehlt) war

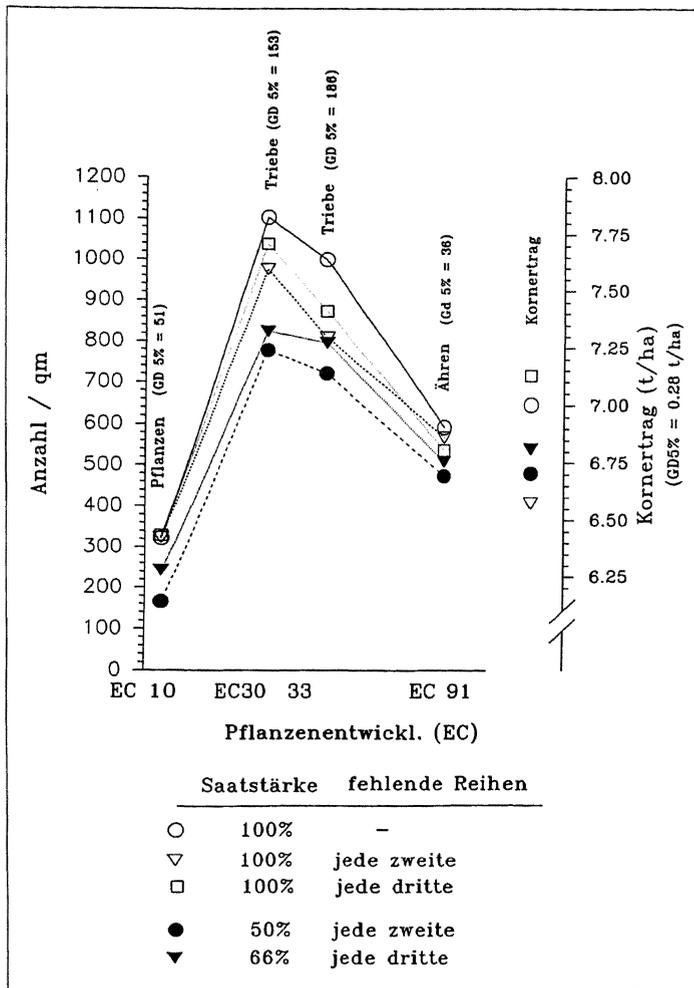


Abb. 5.: Kornertrag und Entwicklung der Bestandesdichten in differenziert begründeten Weizenbeständen (1989). (Mittelwerte über 2 Wiederholungen, 2 Orte, 2 N-Gülldüngungssysteme)

in der Regel höher als die der gleichen Saatstärke bei gleichmäßiger Reihenverteilung (Tab. 4, Abb. 5). Vergleichbare Verhältnisse ergaben sich auch unter den Anbaubedingungen 1991 in Klein-Altendorf (Tab. 5).

Die geringere Ausgestaltung des Bekämpfungskoeffizienten in den Varianten mit Fehlreihen gegenüber der normalen Bestandesanlage war hierbei unter den Bedingungen des Standortes Klein-Altendorf bedeutender als auf dem Dikopshof. Die Ausbildung der Kornzahl und der Ährenmasse war zudem in Klein-Altendorf größer. Ursächlich für diese Phänomene dürfte der etwas spätere Beginn der Vegetation in Klein-Altendorf sein, sodaß die Phase der Bestockung, bei zudem etwas niedrigeren Temperaturen kürzer ausfiel. Die Vorsommertrockenheit des Dikopshofs führte dann offensichtlich zu stärkerer Ährenreduktion und begrenzter Assimilateeinlagerung in die Körner.

Diese Ergebnisse (Tab. 4) sind bemerkenswerterweise unabhängig von dem verwendeten Düngungssystem (Mittelwerte über zwei Gülldüngungs- und ein mineralisches Düngungssystem). Es lagen keine entsprechenden signifikanten

Wechselwirkungen mit den Dünungssystemen vor. Die gemachten Aussagen treffen somit auch für Anbausysteme mit ausschließlicher mineralischer Düngung zu. Es lag aber erwartungsgemäß ein Sorten × Ortseffekt für die Ährenkornmasse und den Kornertrag vor (nicht dargestellt).

Der Ertragsvorteil der Bestandesbegründung mit fehlenden Reihen ist in allen untersuchten Anbaujahren zu finden (Tab. 4, Abb. 6, Tab. 5). Die Erträge waren in der Regel besser oder zumindest statistisch gleichwertig den Erträgen der „normalen“ Bestandesbegründung (S1).

Die Variante, die mit nur 50 % der vom Anbauverfahren Bonn ermittelten optimalen Saatstärke begründet wurde, zeigte in einigen Jahren (1989: Abb. 5, 1991: Tab. 5) deutliche Ertragsdefizite auf. Diese sind auf zu geringe Ährendichten (Tab. 5, Abb. 5) zurückzuführen, die auch mit den höheren Ährenmassen den Ertragsverlust nicht kompensieren konnten. Ähnliches fand WOLLRING (1990) bei erheblich reduzierten Pflanzendichten (100 – 140 Pfl./m²) trotz dem dadurch besseren N-Angebot der Einzelpflanze.

Wurde die Saatstärke nur um 34 % reduziert und der Bestand durch Fehlen jeder dritten Saatreihe aufgebaut, wo waren in einigen Jahren mit der uniformen Anbauvariante (S 1) tendenziell vergleichbare Erträge zu erzielen (Abb. 6).

Somit ergibt sich eine Abhängigkeit des Kornertrages des Weizens vom Bestandesaufbau, der durch die Saatstärke und die Reihenzahl begründet wird. Die von GROSSE-HOKAMP (1983) gefundene Abhängigkeit des Kornertrages vom

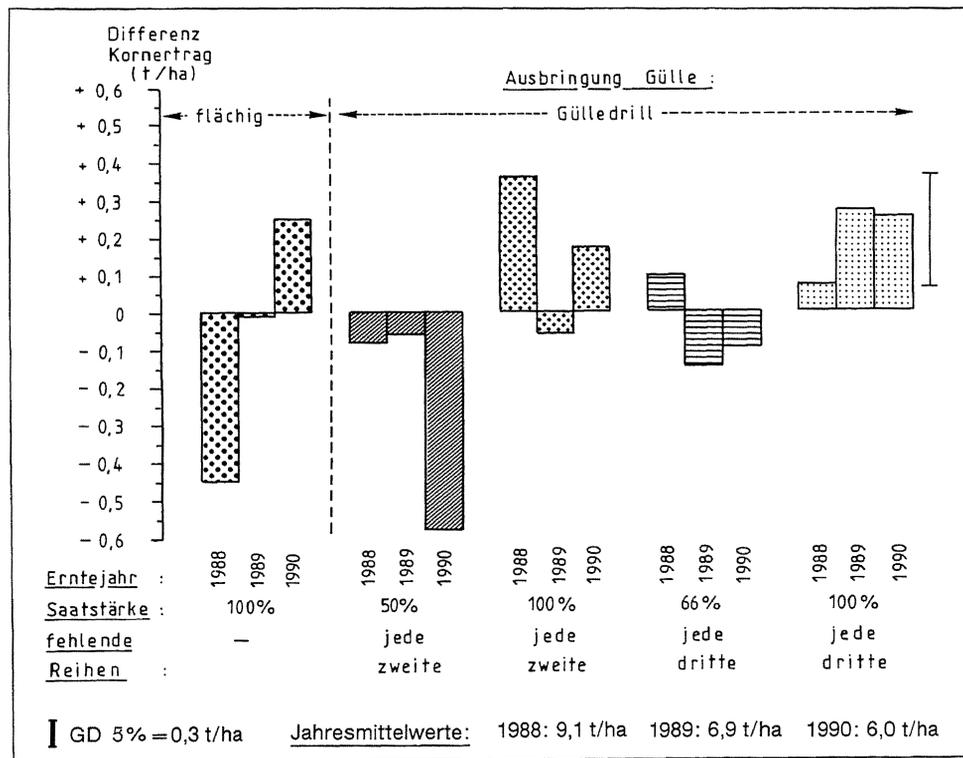


Abb. 6.: Differenz des Kornertrages in unterschiedlich begründeten Weizenbeständen zum jeweiligen Jahresmittelwert (Mittelwerte über 2 Wiederholungen, 2 Orte, 2 N-Gülledüngungssysteme)

Tabelle 4

*Beährungskoeffizient und Ertragsstruktur von Weizenbeständen bei unterschiedlicher Bestandesbegründung im Jahr 1990
(Mittelwerte über 2 Wiederholungen, 3 Düngungssysteme, 2 Sorten)*

Standort Bestandes- aufbau Saatstärke	fehlende Reihen	Beährungs- koeffizient (Ähren/ Pflanze)	Kornzahl pro Ähre	Kornmasse pro Ähre (g)	Kornertrag (t/ha)
Dikopshof					
100 %	—	1,93	27,0	1,14	5,78
50 %	jede zweite	2,88	34,9	1,40	5,42
100 %	jede zweite	1,79	29,0	1,17	5,65
66 %	jede dritte	2,36	33,6	1,37	5,54
100 %	jede dritte	1,82	28,9	1,20	5,90
Klein-Altendorf					
100 %	—	1,73	27,7	1,27	6,67
50 %	jede zweite	2,83	29,8	1,32	5,73
100 %	jede zweite	1,66	31,1	1,44	6,87
66 %	jede dritte	2,16	32,4	1,48	6,36
100 %	jede dritte	1,60	31,1	1,44	6,83
GD ₅ %		0,18	2,0	0,07	0,17

Längen-/Breitenverhältnis des Standraumes der Einzelpflanze konnte aber in den vorliegenden Untersuchungen nicht gefunden werden (Abb. 7). Die relativen Ertragsunterschiede der einzelnen Anbausysteme zeigen keinerlei Abhängigkeit von der Standraumform. GROSSE-HOKAMP (1983) fand ein deutliches Ertragsmaximum bei einem Längen-/Breitenverhältnis von 1:4 und starke Ertragseinbußen bei Abweichung von diesem Verhältnis. Unter den hier vorgestellten Bedingungen wurden aber in einigen Jahren die Ertragsmaxima durchaus auch bei sehr weiten Längen-/Breitenverhältnissen gefunden (Abb. 6). Die hierzu erforderliche Kompensationsfähigkeit der Weizenbestände wurde schon oben anhand der Bestandesentwicklung erläutert.

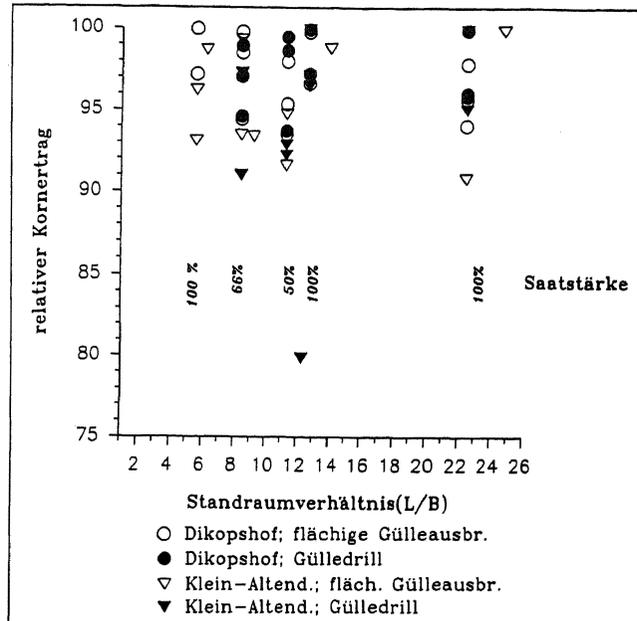
Dennoch stimmen in beiden Arbeiten die Aussagen überein, daß durch Gestaltung des Abstandes zwischen den Pflanzen in der Reihe die entstehende zwischenpflanzliche Konkurrenz eine Beeinflussung der Pflanzenmorphologie und damit eine Verbesserung der Ertragsfähigkeit der Einzelpflanze bewirken kön-

Tabelle 5

*Pflanzen-, Ährendichte, Beährungskoeffizient und Ertrag von Weizenbeständen bei unterschiedlicher Bestandesbegründung (Klein-Altendorf, Jahr 1991)
(Mittelwerte über 2 Wiederholungen, 3 Düngungssysteme, 2 Sorten)*

Bestandesaufbau Saat- stärke	fehlende Reihen	Pflanzen- dichte (1/m ²) (329 = 100%)	Ähren- dichte (1/m ²)	Beährungs- koeffizient (Ähren/ Pflanze)	Kornertrag pro Ähre (t/ha)
100 %	—	334,7 (101,7 %)	555,0 (100,0 %)	1,66	8,93
50 %	jede zweite	162,0 (49,2 %)	471,8 (85,0 %)	2,92	8,66
100 %	jede zweite	325,7 (99,0 %)	586,2 (105,6 %)	1,80	9,01
66 %	jede dritte	221,3 (67,3 %)	495,0 (89,2 %)	2,24	8,82
100 %	jede dritte	313,4 (95,3 %)	538,2 (97,0 %)	1,72	8,95
GD ₅ %		7,7	17,6	0,07	0,19

Abb. 7.: Relationen der Kornerträge von differenziert begründeten Weizenbeständen bei unterschiedlichen Standraumverhältnissen (Länge- zu Breite des Einzelpflanzenstandraumes; s. a. Abb. 2). Mittelwerte über 2 Wiederholungen, 2 N-Gülldüngungssysteme)

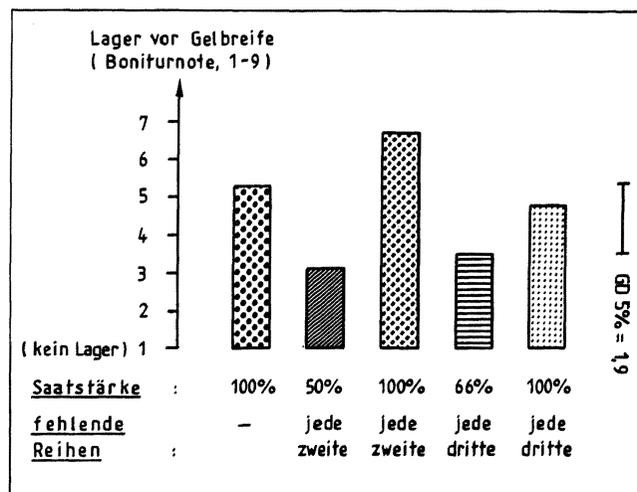


nen. Ein nur schwacher, positiver Korrelationskoeffizient von $r = 0,54^{***}$ ($n = 352$) beschreibt die Wirkung sich verringernder Kornabstände in der Reihe auf die Abnahme des Behrungskoeffizienten.

Somit führt eine Änderung der Reihenzahl in Getreidebeständen, um eine Gülledüngung in Form von Injektionen („Gülledrill“) durchführen zu können, zu keiner negativen Ertragsbeeinflussung. Die erzielbaren Erträge können aufgrund positiv geänderter Bestandesentwicklung (bessere Einzelpflanzenentwicklung) sogar teilweise höher ausfallen als bei voller Reihenzahl.

Die hierdurch gewonnenen Erkenntnisse können in einem zukünftigen Schritt als Grundlage für die Entwicklung eines Anbauverfahrens für die Gülledüngung von Getreidebeständen dienen.

Abb. 8.: Lager der Weizenpflanzen von differenziert begründeten Weizenbeständen im Jahr 1989 (Mittelwerte über 2 Wiederholungen, 2 Orte, 2 N-Gülldüngungssysteme)



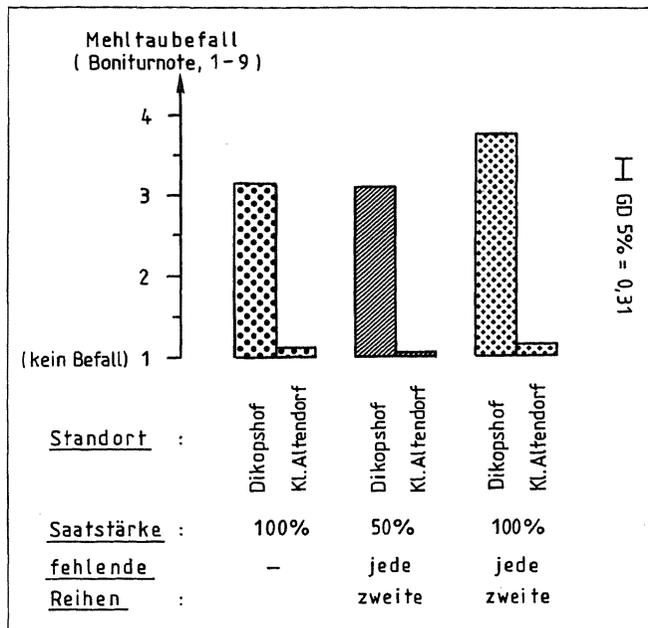


Abb. 9.: Mehltau an Weizenpflanzen von differenziert begründeten Weizenbeständen an zwei Standorten zur Milchreife im Jahr 1989 (Mittelwerte über 2 Wiederholungen, 2 N-Gülldüngungssysteme)

Neben der Betrachtung der Bestandes- und Ertragsbildung sind für die Beurteilung der Bedeutung und Durchführbarkeit von Anbausystemen bei äußeren Störgrößen seitens des Standortes (Boden, Witterung) weitere Risiken der Anbausysteme zu ermitteln:

Die vorgestellten Bestandesbegründungen zeigen über die untersuchten Jahre und Standorte ein weitgehend konsistentes Verhalten hinsichtlich des Lagerrisikos (Abb. 8) und von relevanten Schaderregern (Abb. 9).

Mit zunehmender Reihenzahl pro Säbreite stieg im Jahr 1989 das vor der Gelbreife aufgetretene Lager der Getreidepflanzen (Abb. 8). Die größeren Abstände der Einzelpflanzen (Abb. 2) in der Reihe führten offensichtlich zu besserem Stengelwachstum. Das Lagerrisiko war gegenüber der Vergleichsvariante „normale Bestandesbegründung“ aber nicht erhöht.

Der Befall der Weizenpflanzen mit Mehltau stieg mit zunehmender Dichte in der Saatreihe (100 % Saatstärke, jede zweite Reihe fehlt; Abb. 9). Im dargestellten Versuchsjahr (1989) trat auf dem Standort Klein-Altendorf kaum Mehltaubefall auf.

Die teilweise auch in den übrigen Jahren aufgetretenen Schadsymptome (u. a. Mehltau auch in frühen Wachstumsstadien, Gelbverzwergungsvirose) an den Beständen konnten in ihrer Varianz nicht auf die hier ausgewerteten Versuchsfaktoren zurückgeführt werden.

Danksagung

Ich bedanke mich bei Herrn Ing. agr. H. RIEBELING, den Mitarbeitern des Versuchsfeldes Bonn und des Versuchsgutes Dikopshof für die Durchführung der Versuche. Frau CH. RIEBELING und Frau Dipl.-Ing. agr. L. BICHLER hatten freundlicherweise die Datenverarbeitung und -auswertung, Frau H. v. QUISTORP und Frau Ch. BERTRAM chemische Analysen übernommen.

Literatur

- ASMUS, F., H. GÖRLITZ, H. LANGE und V. HERRMANN, 1981: Verwertung von Gülle als organischer Dünger in der Pflanzenproduktion. Fortschritte für die Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft 19 (13), Berlin.
- BLESS, H.-G., 1990: Ammoniak-Emissionen nach der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern. Schriftenreihe der Agrarwissenschaftlichen Fakultät Universität Kiel, Nr. 72.
- CARLSON, G., C. EKFALDT und L. THYSELIUS, 1989: Technical development of a low-level boom for spreading of slurry in a growing crop. Agricultural engineering; Proceedings of the 11th international congress on agricultural engineering (CIGR), 4. bis 8. September 1989, Dublin, Ireland.
- FISCHBECK, G., J. DENNERT und R. MÜLLER, 1990: N-Dynamik des Bodens, Ertragsbildung und Stickstoffentzug von Winterweizen bei unterschiedlicher Höhe und Verteilung der mineralischen N-Düngung. J. Agronomy & Crop Science 164, 297–311.
- GROSSE-HOKAMP, H., 1983: Untersuchungen zur Bedeutung der Saattechnik für die Ertragsbildung und Ertragsleistung von Winter- und Sommerweizen unter Berücksichtigung von Saatstärke, Sorte und Stickstoffdüngung. Dissertation Bonn.
- HEYLAND, K.-U., 1980: Das Weizenanbauverfahren, dargestellt als auf der Basis der Einzelpflanzenentwicklung aufgebautes Flußdiagramm. Kali-Briefe 15 (2), 99–108.
- HEYLAND, K.-U. und H. GROSSE-HOKAMP, 1985: Bedeutung der Saattechnik für die Ertragsbildung und Ertragsleistung von Winter- und Sommerweizen. Die Bodenkultur 36, 291–305.
- HEYLAND, K.-U. und H.-J. KOCHS, 1984: Computerberatung zur schlagspezifischen Vorausschätzung der Stickstoffverfügbarkeit für Weizen. Vortragsreihe 37. Hochschultagung der Landw. Fakultät Bonn am 21. Februar 1989, Münster, 121–141.
- HEYLAND, K.-U. und M. SCHEER, 1984: Die Saat als Mittel zur Optimierung inner- und zwischenpflanzlicher Konkurrenzverhältnisse bei Winterweizen. Die Bodenkultur 35, 41–55.
- HEYLAND, K.-U. und U. TRIEBEL, 1986: Gezielte Stickstoffdüngung zur gesteuerten Ertragsbildung von Winterweizen unter Berücksichtigung verschiedener anbautechnischer Maßnahmen. Die Bodenkultur 37, 133–148.
- HOFFMANN, H., 1986: Gülle ausbringen, nicht verschwenden. DLG-Mitteilungen (2), 62–71.
- KOCHS, H.-J., 1986: Saatstärke und Düngung: Computerempfehlung über das Telefon. DLG-Mitteilungen (1), 26–28.
- KOLENBRANDER, G. J., 1981: Effect of infection of animal waste on ammonia losses by volatilisation on arable land and grassland. In: Nitrogen losses and surface run-off from land-spreading of manures. Proceedings of a workshop in the EEC Programme of Coordination of Research on Effluents from Livestock. Wexford, Ireland; 20. to 22. May 1980; ed.: J. C. BROGAN, Verlag Martinus Nijhoff, The Hague.
- SCHMITZ, P. H., 1985: Der Einfluß von Unkrautbekämpfungssystemen auf Unkrautpopulation und Ertragsstruktur in einer Fruchtfolge mit Zuckerrüben, Winterweizen und Wintergerste. Dissertation Bonn.
- SPIELHAUS, G., 1990: Gezielte Gölledüngung im Getreide. DLG-Mitteilungen 105 (5), 222–224.
- STEFFENS, H., 1988: Ganz gezielt. Gülle wann und wie einarbeiten? Agrarpraxis (9), 36–38.
- VETTER, H. und H.-H. KOWALEWSKY, 1991: Verfahren für das Ausbringen von Flüssigmist. Pflanzenbau, Technik, Organisation und Kosten. DLG-Arbeitsunterlagen, Mai 1991, Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft e. V., Frankfurt.
- VETTER, H. und G. STEFFENS, 1979: Göllewirkung mit und ohne Stickstoffdüngung. Landwirtschaftliche Forschung, Sonderheft 36, 365–373.
- WOLLRING, J., 1990: Das optimale N-Angebot im Frühjahr bei unterschiedlicher Keimdichte von Winterweizen. J. Agronomy & Crop. Science 164, 137–143.

(Manuskript eingelangt am 6. Juli 1992, angenommen am 17. Juli 1992)

Anschrift des Verfassers:

Dr. Armin WERNER, Institut für Landnutzungssysteme am Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF e. V.), Wilhelm-Pieck-Straße 72, D-O-1278 Münchenberg