

(Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II — Gründlandwirtschaft und Futterbau — der Justus-Liebig-Universität Gießen)

Untersuchungen zur gegenseitigen Beeinflussung der Deckfrucht Wintergerste und verschiedenen Untersaaten

Von U. SCHULTHEISS und W. OPITZ VON BOBERFELD

(Mit 5 Abbildungen)

Zusammenfassung

In mehrjährigen Feldversuchen wurden im Hinblick auf die Begrünung von zeitweilig stillgelegten Ackerflächen und zur Überbrückung vegetationsfreier Zeit im Winter in Wintergerste Untersaaten mit verschiedenen Gräsern und Leguminosen ausgebracht und die wechselseitige Beeinflussung von Deckfrucht und Untersaat ermittelt. Als Zielgrößen standen die Wahl von Deckfrucht und Untersaat im Vordergrund, darüber hinaus wurden die Saatstärke von Deckfrucht sowie Untersaat variiert; begleitend dazu wurde das Mikroklima im Bestand erfaßt.

1. Der Anbau von Untersaaten war mit hohen Deckfruchterträgen zu vereinbaren. Ursachen für Mindererträge der Deckfrucht waren hohe Aussaatstärken von *Festuca rubra* bei gleichzeitig starker Konkurrenz durch die Begleitflora oder bei lagernden Deckfruchtbeständen. Niedrige Saatstärken der Deckfrucht bei gleichzeitig hohen Saatstärken von Untersaaten führten zu gut entwickelten Untersaatbeständen, die Beeinträchtigungen der Deckfruchtkorn-erträge zur Folge hatten.
2. Untersaaten mit *Festuca rubra* unter Wintergerste hatten sich gut entwickelt. Die Bildung einer geschlossenen Pflanzendecke war bei *Trifolium repens*, aber auch bei *Lolium perenne* unsicher.
3. Für die Einstrahlung von photosynthetisch aktivem Licht in den Bestand wurden zwischen einer Deckfruchtsaatstärke von 100 und 400 Körnern $\cdot m^{-2}$ deutliche Differenzen festgestellt. Die relative Luftfeuchtigkeit und die Temperatur unterschieden sich dagegen nicht. Anscheinend war die starke Beschattung durch die Deckfrucht neben Wassermangel die Ursache für die geringe Entwicklung von *Lolium perenne* und *Trifolium repens*.
4. Im Hinblick auf die Auswahl von Pflanzenarten zur Vermeidung von Brachezeiten über Winter, zur Begrünung von zeitweilig stillgelegten Ackerflächen und für Gründüngungszwecke kommt *Festuca rubra* aufgrund dichter Narbenbildung und hoher Konkurrenz gegenüber der Ackerbegleitflora eine Vorrangstellung zu; eine Saatstärke von $7,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ hat sich als ausreichend erwiesen.

Schlüsselwörter: Deckfrucht, Untersaat, Konkurrenz, Licht, photosynthetisch aktive Strahlung.

The interdependence of winter barley as a cover crop and different undersowings

Summary

In view of the establishment of rotational fallows — set aside land — and the bridging of the vegetation-free winter period interactions between cover crop and undersowing were investigated in field trials. The suitability of the cover crop winter barley and different undersowings as well as varied seed rates was tested; in addition, the microclimate in the stand was evaluated. In some cases yield losses of the cover crop were recorded; causes for the yield reductions were high seed rates of *Festuca rubra* with strong weed growth or lodging. Low seed rates of the cover crop in combination with high seed rates of undersowings caused yield losses of the cover crop. *Festuca rubra* developed well in winter barley; the cultivation of *Lolium perenne* and *Trifolium repens* is uncertain because of the risk of light and water deficiencies. Strong differences between different seed rates of the cover crop (100 and 400 seeds · m⁻²) were found for the photosynthetic active radiation in the stand, whereas no significant differences were detected for the relative humidity and temperature.

Key-words: cover crop, undersowing, competition, light intensity, photosynthetic active radiation.

1. Problemstellung und Literaturübersicht

Unterstaaten im Getreidebau wurden bisher vor allem für die Futternutzung und Gründüngung (KELLER 1954, KORNER 1970, KREUZ et al. 1984, RENIUS et al. 1992) bzw. für die Grassamenerzeugung (MEIJER 1987, CHASTAIN und GRABE 1988, 1989, NORDESTGAARD 1988) angebaut. Hohe Anforderungen an die Produktionstechnik und das Risiko von verminderten Deckfruchterträgen, Beeinträchtigungen des Druschablaufes bzw. erhöhten Trocknungskosten bewirkten eine abnehmende Bedeutung von Untersaaten. Im Zusammenhang mit der Begrünung von Rotationsbrachen bzw. zur Überbrückung vegetationsfreier Zeiten über Winter rücken Untersaaten wieder in das Interesse von Forschung und Praxis, da sie den ökonomischen Vorteil der kostengünstigen Begrünung mit den ökologischen Vorteilen eines wirksamen Erosionsschutzes, verlängerter Bodenruhe und der Vermeidung von N-Auswaschung kombinieren (BERENDONK 1990). Das Gelingen von Untersaaten hängt davon ab, in welchem Maße die Konkurrenzverhältnisse zwischen Deckfrucht und Untersaat gesteuert werden können. Dabei kann vornehmlich über Arten- und Sortenwahl von Deckfrucht und Untersaat, Saatstärke und N-Düngung Einfluß auf das Ausmaß interspezifischer Konkurrenz im Pflanzenbestand genommen werden (CHARLES 1958, DONALD 1963, BAEUMER 1964). Die Entwicklung der Untersaat wird maßgeblich von den durch die Deckfrucht geprägten Lichtverhältnissen im Bestand beeinflusst (KELLER 1954, KORNER 1970, MEIJER 1987); verminderte TS-Erträge der Untersaat erklären CHASTAIN und GRABE (1988, 1989) durch niedrige Photosyntheseraten infolge Beschattung. Durch Sortenwahl (KELLER 1954, TANNER et al. 1966, SIDDIQUE et al. 1989) und Teilung der Stickstoffgabe (MEIJER 1987) kann die Lichtdurchlässigkeit der Deckfrucht durch einen verzögerten Bestandesschluß erhöht, infolgedessen der Lichtgenuß und die Bestockung der Untersaat gesteigert werden (MEIJER 1987). Obwohl der absolute Lichtgenuß und die Nettoassimilationsrate in Untersaatbeständen durch N-Gaben reduziert werden (KORNER 1970), können von einer N-Düngung auch positive Wirkungen auf die Untersaat ausgehen. Die N-Zufuhr fördert bei Grasuntersaaten die Ausbildung der Blattfläche und den TS-Zuwachs (KELLER 1954, KORNER 1970), d. h. führt zu einer Vergrößerung des Anteils photo-

synthetisch aktiver Organe, so daß der Lichtgenuß anscheinend ausreichend ist, um der Untersaat den erhöhten Zuwachs zu ermöglichen. Von den Lichtverhältnissen im Bestand gehen Wirkungen auf die Konkurrenz im Wurzelraum aus. Beschattung durch die Deckfrucht führt bei Untersaaten zu einer verminderten lateralen und vertikalen Ausbreitung des Wurzelsystems (COOPER und FERGUSON 1964) sowie zu einer Verringerung der Wurzelmasse (KORNHER 1970), was sich im Falle von Wasserstreß zusätzlich negativ auswirken kann. Während der Wettbewerb um Licht die größten Auswirkungen auf das Wachstum von Untersaaten hat (KELLER 1954, CHASTAIN und GRABE 1988), kommt auch der Konkurrenz um das Bodenwasser eine besondere Bedeutung zu (FRYE et al. 1988). Die starke Konkurrenz um den Wasservorrat führt bei Untersaaten zu einem höheren stomatären Leitfähigkeitswiderstand (CHASTAIN und GRABE 1989) und bei geringerer Bodenfeuchte zu einer niedrigeren Transpirationsrate (RODER 1956/57). Ein weiterer Faktor der Entwicklung von Deckfrucht und Untersaat ist der Saattermin. Bei den Getreidearten wird unter besonderer Berücksichtigung von Sorteneigenschaften sowie Standort- und Wachstumsfaktoren mit der Aussaatstärke und dem -termin festgelegt, inwieweit die Ertragskomponenten Bestandesdichte, Tausendkornmasse und Kornzahl je Ähre auf den Gesamtertrag einwirken. Während Winterweizen im Hinblick auf den Aussaattermin weniger anspruchsvoll ist als andere Getreidearten, hat der Saatzeitpunkt von Wintergerste unmittelbar Einfluß auf die Bestandesentwicklung. Bei einer verspäteten Aussaat wird das Doppelringstadium später erreicht (AUFHAMMER 1966, KNOPP 1985), was sich negativ auf die Festlegung der Anzahl von Ährchen, der Anlage von Bestockungstrieben und somit den Ertrag auswirkt. Bei der Aussaat von Untersaaten sind im allgemeinen zeitgerechte Herbstsaatensorten den Frühljahrsaatsorten in denselben Kulturen überlegen (KREUZ et al. 1984, RENIUS et al. 1992), wobei sich innerhalb der gewählten Periode die meisten Arten bei einem früheren Saattermin deutlich besser entwickeln als bei einem späteren (MEIJER 1987). Neben dem Saatzeitpunkt kommt im Hinblick auf die Etablierung von Untersaaten auch der Saatmenge eine Bedeutung zu. MEIJER (1987) zeigt, daß reduzierte Saatmengen den Bestandesschluß von Winterweizen verzögern und das Wachstum der Grasuntersaat verbessern.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, die Eignung verschiedener Untersaatarten für die Begrünung von Brachflächen bei zeitgemäßem intensivem Getreidebau zu analysieren. Dabei wird der Einfluß von Saatzeit und Saatstärke auf die Konkurrenzverhältnisse besonders beachtet.

2. Material und Methoden

2.1 Versuch „Deckfrucht konstant, Untersaat variiert“

Der Versuch wurde mit den in Tabelle 1 aufgeführten Varianten angelegt, die Deckfrucht Wintergerste — Sorte ERMO — wurde mit einer Saatstärke von 300 Körnern \cdot m⁻² ausgesät. Aufgrund der unterschiedlichen Pflanzenentwicklung wurde *Festuca rubra* (Sortengemisch: NFG Th. RÖMER und ROLAND 21) gleichzeitig mit der Wintergerste in einem getrennten Arbeitsgang als Drillsaat ausgesät, während die kampfstärkeren Arten *Lolium perenne* (Sortengemisch: LIMES und PARCOUR) und *Trifolium repens* (Sorte LIREPA) Ende Februar als Breitfaat auf gefrorenem Boden, nach entsprechendem Entwicklungsvorsprung der Wintergerste, ausgebracht wurden. Düngung: Herbst 30 kg N \cdot ha⁻¹, Frühjahr nach N_{min}-Untersuchung auf 110 kg N \cdot ha⁻¹ aufgedüngt, 2-Knoten-Stadium 70 kg N \cdot ha⁻¹ jeweils als Kalkammonsalpeter. Pflanzenschutz: Wachstumsregulator Terpal (= Wirkstoff Ethephon + Mepiquat) gesplittet in zwei Gaben.

Tabelle 1

Varianten des Versuchs „Deckfrucht konstant, Untersaat variiert“
 Variants, trial “cover crop constant, undersowing varied”

Faktoren		Stufen	
1.	Gräser	1.1	ohne (Schwarzbrache bzw. Selbstbegrünung)
		1.2	<i>Festuca rubra</i>
		1.3	<i>Lolium perenne</i>
2.	<i>Trifolium repens</i>	2.1	ohne
		2.2	mit
3.	Saatstärke Untersaat ¹⁾	3.1	niedrig
		3.2	hoch
4.	Standort	4.1	Pseudogley-Parabraunerde aus Löß, Aussaat 22. 9. 1987
		4.2	erodierte Parabraunerde aus Löß, Aussaat 20. 10. 1987

¹⁾ 8,0 bzw. 16,0 kg · ha⁻¹ *Festuca rubra*
 13,3 bzw. 18,3 kg · ha⁻¹ *Lolium perenne*
 1,5 bzw. 6,0 kg · ha⁻¹ *Trifolium repens*

Versuchsanlage: Lateinisches Rechteck mit drei Wiederholungen

2.2 Versuch „Deckfrucht variiert, Untersaat konstant“

Um den Einfluß differenzierter Deckfruchtsaatstärken auf die Entwicklung der Untersaaten sowie das Mikroklima des Bestandes im Hinblick auf mögliche Reifeverzögerungen zu erfassen, wurde am 30. September 1987 ein ergänzender Freilandversuch mit den in Tabelle 2 genannten Varianten angelegt. Als Deckfrucht wurde Wintergerste und als Untersaaten *Festuca rubra* und *Trifolium repens* gewählt. Düngung — mit Ausnahme der 30 kg N · ha⁻¹ im Herbst — und Pflanzenschutz erfolgten wie im Versuch „Deckfrucht konstant, Untersaat variiert“, vgl. 2.1. Um Aufschluß über das Lichtangebot der Untersaaten bei differenzierten Deckfruchtsaatstärken und mögliche Reifeverzögerungen der Deckfrucht zu erlangen, wurden in unterschiedlichen Entwicklungsstadien der Deckfrucht Mikroklimamessungen durchgeführt. Bei den Lichtmessungen wurde die photosynthetische Photonen-Fluß-Dichte (PPFD) mit Quantensensoren, Typ Li-

Tabelle 2

Varianten des Versuchs „Deckfrucht variiert, Untersaat konstant“
 Variants, trial “cover crop varied, undersowing constant”

Faktoren		Stufen	
1.	Saatstärke Deckfrucht	1.1	0 Körner · m ⁻²
		1.2	100 Körner · m ⁻²
		1.3	200 Körner · m ⁻²
		1.4	300 Körner · m ⁻²
		1.5	400 Körner · m ⁻²
2.	Saatstärke Untersaat ¹⁾	2.1	niedrig
		2.2	hoch

¹⁾ Gemisch aus: 6,8 bzw. 13,6 kg · ha⁻¹ *Festuca rubra*
 0,75 bzw. 1,5 kg · ha⁻¹ *Trifolium repens*

Versuchsanlage: Blockanlage mit drei Wiederholungen

Cor 190-S, in und über dem Bestand im Spektralbereich von 400–700 nm (photosynthetisch aktive Strahlung, PAR) ermittelt (SHIBLES 1976). Die Messungen der Temperatur und der relativen Luftfeuchte wurden mit Luftfühlern, Typ Rotronic YA-100 Hygromer, durchgeführt.

In allen Versuchen wurde während des Schossens (EC 32) der TS-Ertrag von Deckfrucht sowie Untersaat und Begleitflora erhoben. Die Bestandesdichte wurde ausgezählt, Kornertrag, Tausendkornmasse und Rohproteingehalt im Korn bestimmt; die Kornzahl je Ähre wurde errechnet. Der Einfluß der Deckfrucht auf die Folgeentwicklung der Untersaaten, gemessen an der Bestandeszusammensetzung, wurde anhand von Vegetationsaufnahmen entsprechend der Ertragsanteilsschätzung nach KLAPP/STÄHLIN (VOIGTLÄNDER und VOSS 1979) ermittelt.

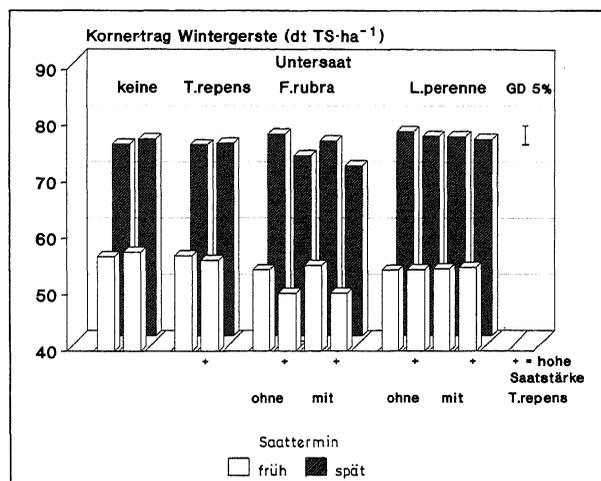
3. Ergebnisse

3.1 Versuch „Deckfrucht konstant, Untersaat variiert“

Die aus Abbildung 1 zu ersehende Interaktion Gräser × Saatstärke, bezogen auf den Kornertrag, ist darauf zurückzuführen, daß bei der Untersaat mit *Festuca rubra* eine hohe Saatstärke im Vergleich zur niedrigeren Saatstärke geringere Kornerträge der Deckfrucht zur Folge hat. Dies zeigt sich auch bereits bei der Biomassebildung von Untersaat und Begleitflora im Stadium EC 32 der Deckfrucht; beim späten Saattermin wird die Wechselwirkung Gräser × Saatstärke durch signifikant höhere Biomasse der hohen gegenüber der niedrigen Saatstärke der *Festuca*-Varianten verursacht (Tab. 3). In den Varianten mit hoher Saatstärke von *Festuca rubra* werden bei beiden Saatterminen signifikant niedrigere TKM der Wintergerste ermittelt (Abb. 2); für Bestandesdichte, Kornzahl je Ähre und Rohproteingehalt im Korn werden keine gesicherten Differenzen festgestellt. Die Vegetationsaufnahmen ca. acht Wochen nach der Deckfruchternte zeigen, daß in den Varianten mit *Trifolium repens* und *Lolium perenne* die angesäten Arten nur geringe Ertragsanteile erreichen (Abb. 3, dargestellt für den späten Saattermin). *Alopecurus myosuroides* und *Lamium purpureum* beim frühen sowie *Poa trivialis* und *Stellaria media* beim späten Saat-

Abb. 1: Kornerträge von Wintergerste in Abhängigkeit von der Untersaat und deren Saatstärke sowie des Saattermins; Versuch „Deckfrucht konstant, Untersaat variiert“

Yield of winter barley dependent on undersowing, seeding rate and sowing date; trial "cover crop constant, undersowing varied"



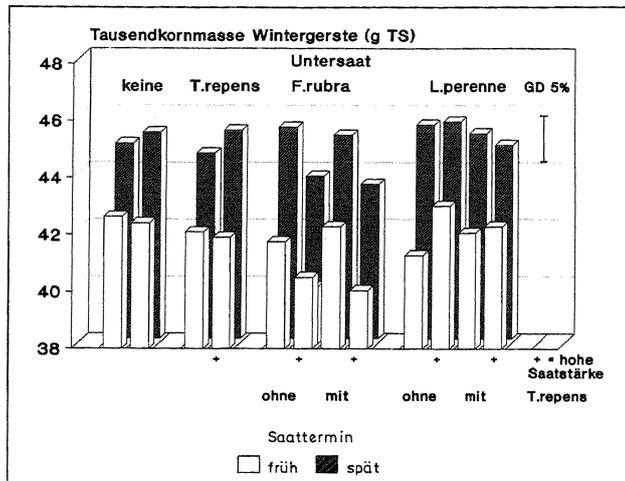


Abb. 2: Tausendkornmassen von Wintergerste in Abhängigkeit von der Untersaat und deren Saatstärke sowie des Saattermins; Versuch „Deckfrucht konstant, Untersaat variiert“
 Thousand seed weight of winter barley dependent on undersowing, seeding rate and sowing date; trial “cover crop constant, undersowing varied”

termin weisen neben Ausfallgerste und sonstigen Kräutern hohe Anteile auf. Bei den *Festuca*-Varianten hingegen liegen in beiden Saatstärken hohe Ertragsanteile mit einer artenarmen Begleitflora vor.

3.2 Versuch „Deckfrucht variiert, Untersaat konstant“

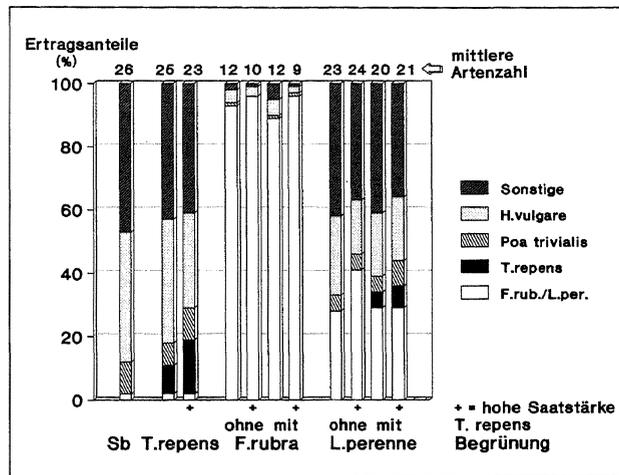
Für den TS-Ertrag von Wintergerste sowie die Biomasse von Untersaat und Begleitflora im Stadium EC 32 der Deckfrucht ist der Einfluß des Faktors Deckfruchtsaatstärke gesichert, darüber hinaus liegen, mit Ausnahme der Kontrolle, zwischen niedriger und hoher Saatstärke der Untersaat signifikante Unter-

Tabelle 3

TS-Erträge von Wintergerste, Untersaat und Begleitflora; Versuch „Deckfrucht konstant, Untersaat variiert“
 Dry matter of winter barley, undersowing and weeds; trial “cover crop constant, undersowing varied”

Untersaat	Varianten		Standort 1 früher Saattermin TS-Ertrag ($g \cdot m^{-2}$, EC 32)		Standort 2 später Saattermin TS-Ertrag ($g \cdot m^{-2}$, EC 32)	
	<i>Trif. repens</i>	Saatstärke	W-Gerste	Untersaat + Begfl.	W-Gerste	Untersaat + Begfl.
ohne	ohne	—	379,1	168,3	434,3	20,1
ohne	ohne	—	389,9	165,4	427,0	17,9
<i>Trif. repens</i>	mit	niedrig	385,0	151,0	435,3	19,2
	mit	hoch	420,4	138,2	428,0	16,4
<i>Festuca rubra</i>	ohne	niedrig	369,1	181,8	450,9	37,7
	ohne	hoch	354,0	216,1	436,1	47,2
	mit	niedrig	413,4	181,3	438,6	32,7
	mit	hoch	361,7	212,8	434,5	44,1
<i>Lolium perenne</i>	ohne	niedrig	396,8	211,0	450,8	14,9
	ohne	hoch	387,1	200,0	428,7	18,2
	mit	niedrig	366,5	170,0	422,1	20,1
	mit	hoch	374,7	174,5	432,3	16,1
GD 5 %			50,17	40,84	50,07	9,14

Abb. 3: Ertragsanteile in Abhängigkeit von der Untersaat und deren Saatstärke, später Saattermin, acht Wochen nach Deckfruchternte, Sb=Selbstbegrünung; Versuch „Deckfrucht konstant, Untersaat variiert“
Development of vegetation dependent on undersowing and seeding rate, late sowing date, eight weeks after crop harvest; trial "cover crop constant, undersowing varied"



schiede vor (Tab. 4). Mit steigender Deckfruchtsaatstärke werden mit Ausnahme der Variante 100 Körner · m⁻², niedrige Saatstärke der Untersaat höhere Kornerträge erzielt (Abb. 4). Bei einer Deckfruchtsaatstärke von 100 Körnern · m⁻² hat sich die Untersaat in der hohen Saatstärke so gut entwickelt, daß es zu einer Verminderung des Kornertrages kommt. Bei allen anderen Deckfruchtsaatstärken werden zwischen niedriger und hoher Saatstärke der Untersaat keine signifikanten Differenzen festgestellt, d. h. die Wirkung der gesteigerten Saatstärke der Untersaat auf die Kornerträge ist von der Saatstärke der Deckfrucht abhängig. Für die Kornzahl je Ähre liegt bei einer Saatstärke der Wintergerste von 100 Körnern · m⁻² zwischen niedriger und hoher Saatstärke der Untersaat eine gesicherte Differenz vor (Tab. 4). Die Varianten mit einer Aussaatstärke von 100 Körnern · m⁻² weisen eine signifikant geringere Anzahl ährentragender Halme und eine signifikant höhere TKM im Vergleich zu den Varianten mit 400 Körnern · m⁻² Saatstärke auf (Tab. 4).

Eine bedeutsame Beschattung der Untersaat durch die Deckfrucht Wintergerste tritt erst nach Beginn des Schossens ein; beim Erscheinen des Fahnenblattes erreicht die Beschattungswirkung in Abhängigkeit von der Deckfruchtsaatstärke bereits 80 bis 90 %. Während des Ährenschiebens und bis zur Blüte beträgt die Lichteinstrahlung (Tagesmittel, 8 bis 20 Uhr) lediglich 3 bis 8 %. Im Stadium der Teig- bzw. Gelbreife ist mit zunehmender Seneszenz der Blätter

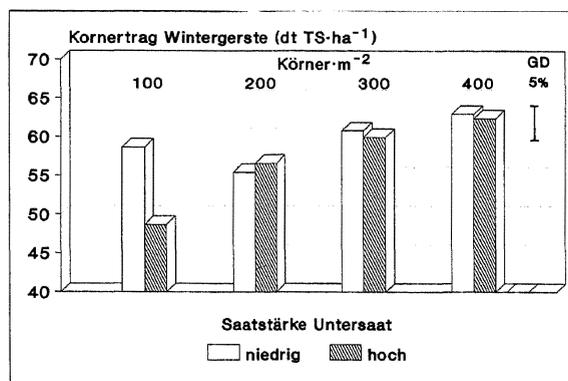


Abb. 4: Kornertrag von Wintergerste in Abhängigkeit von der Untersaat- und Deckfruchtsaatstärke; Versuch „Deckfrucht variiert, Untersaat konstant“
Yield of winter barley dependent on seeding rate of cover crop and undersowing; trial "cover crop varied, undersowing constant"

Tabelle 4

TS-Erträge von Wintergerste, Untersaat und Begleitflora sowie Ertragsstruktur der Wintergerste; Versuch „Deckfrucht variiert, Untersaat konstant“

Dry matter of winter barley, undersowing and weeds, structure of yield; trial "cover crop varied, undersowing constant"

Deckfrucht (Kö·m ⁻²)	Saatstärke Unter- saat	TS-Ertrag (g·m ⁻² , EC 32)		Ährentrag.	TKM (g TS) W-Gerste	Kornzahl je Ähre W-Gerste
		W-Gerste	Untersaat + Begleitflora	Halme W-Gerste		
ohne	niedrig	—	168,8	—	—	—
ohne	hoch	—	176,4	—	—	—
100	niedrig	341,0	73,6	393	45,1	33,6
100	hoch	311,2	98,9	386	45,4	28,1
200	niedrig	381,9	58,5	423	43,6	30,2
200	hoch	396,7	93,7	418	44,4	30,6
300	niedrig	421,7	65,6	443	43,0	31,9
300	hoch	459,7	94,9	470	42,9	29,8
400	niedrig	473,1	44,0	516	42,4	28,8
400	hoch	445,7	68,9	514	42,5	28,6
GD 5 %		71,40	24,75	80,4	1,78	4,28

eine langsame Erhöhung der Einstrahlung auf die Untersaat meßbar; zum Zeitpunkt der Ernte werden 20 % ermittelt. In allen Entwicklungsstadien der Wintergerste ist die Stärke der Beschattung abhängig von der Deckfruchtsaatstärke; mit steigender Saatstärke der Wintergerste wird die einfallende Lichtmenge reduziert (Abb. 5). Für die Temperatur und die relative Luftfeuchte werden zwischen einer Deckfruchtsaatstärke von 100 und 400 Körnern·m⁻² nur geringe Unterschiede ermittelt. Bereits acht Wochen nach Ernte der Wintergerste erreicht *Festuca rubra* in allen Varianten Ertragsanteile von nahezu 100 %, d. h. von der Deckfruchtsaatstärke geht kein nachhaltiger Einfluß auf die Entwicklung von *Festuca rubra* aus.

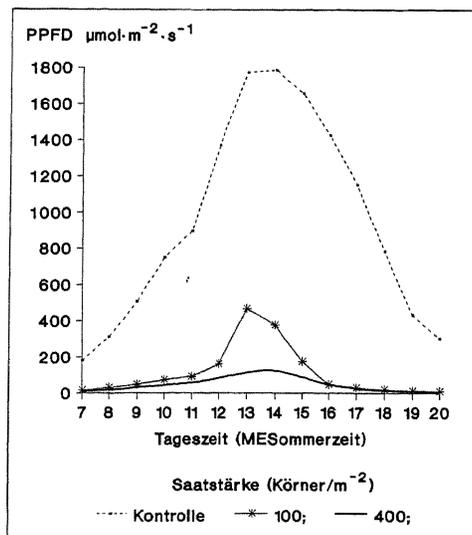


Abb. 5: Photosynthetische Photonen-Fluß-Dichte (PPFD) in Abhängigkeit von Tageszeit, Deckfruchtsaatstärke und Meßhöhe (20 cm), 16. 6. 1988; Versuch „Deckfrucht variiert, Untersaat konstant“
Photosynthetic photon flux density (PPFD) dependent on day-time, seeding rate of the cover crop and height of measuring (20 cm), 16. 6. 1988; trial "cover crop varied, undersowing constant"

4. Diskussion

Die erzielten Ergebnisse zeigen, daß im Wintergetreideanbau auf hoher Intensitätsstufe Untersaaten ohne Ertragseinbußen der Deckfrucht möglich sind. Deswegen ungeachtet treten inter- und intraspezifische Konkurrenzwirkungen um Licht, Wasser und Nährstoffe in den Beständen auf, die auch in Untersuchungen von CHARLES (1958), DONALD (1963), BAEUMER (1964), SANTHIRASEGARAM und BLACK (1967) sowie CHASTAIN und GRABE (1988, 1989) beschrieben werden. In einigen Varianten werden Mindererträge beobachtet; hierbei gehen von der Art der Untersaat, in Abhängigkeit von deren Saatstärke, Wirkungen aus. Im Versuch „Deckfrucht konstant, Untersaat variiert“ wird eine Beeinflussung des Kornertrages durch Untersaaten mit *Festuca rubra* in hoher Saatstärke festgestellt. Beim frühen Saattermin der Wintergerste beruht die Ertragsbeeinträchtigung in den hohen Saatstärken von *Festuca rubra* auf zusätzlicher Konkurrenz durch starke Verungrasung mit *Alopecurus myosuroides*. Beim späten Saattermin kommen die Untersaaten durch geringes Lager des Deckfruchtbestandes zu höherem Lichtgenuß, was zu einem starken Wachstum der Untersaaten führt und in den *Festuca*-Varianten mit hoher Saatstärke Ertragsverluste bedingt. Die Differenzierung der Erträge ist vorrangig auf verminderte TKM zurückzuführen. Dies weist auf starke Einwirkungen der Untersaat auf die Deckfrucht in der Zeit nach der Blüte bis zur Reife hin (BROUWER 1972); hierbei kommt der Konkurrenz um Wasser eine große Bedeutung zu. Dies wird durch die in begleitenden Messungen zum Wasserhaushalt ermittelten geringeren pflanzenverfügbaren Wassermengen in der Schicht 0 bis 30 cm bei den *Festuca*-Varianten mit hoher Saatstärke und spätem Saattermin nach der Deckfruchternte deutlich (SCHULTHEISS 1991). Wassermangel in der Kornfüllungsphase wirkt sich negativ auf Kornausbildung und Ertrag aus. Bei den ebenfalls erhobenen Nitratmengen spiegelt sich die Konkurrenz um Nährstoffe in den geringeren $\text{NO}_3\text{-N}$ -Mengen der *Festuca*-Varianten des späten Saattermins gegenüber der Kontrolle wider. Die Untersaaten mit *Lolium perenne* und *Trifolium repens* haben sich nach dem Auflaufen im Frühjahr offenbar infolge von Licht- und Wassermangel schlecht entwickelt (BÜRGER et al. 1961, SIMON 1985, ROTH 1990), was sich in einer geringeren Biomassebildung im Stadium EC 32 der Deckfrucht (Tab. 3) und geringen Ertragsanteilen nach der Ernte der Deckfrucht (Abb. 3) zeigt. Untersaaten mit *Festuca rubra* in hohen Saatstärken führen nicht zwangsläufig zu verminderten Kornerträgen, was im Versuch „Deckfrucht variiert, Untersaat konstant“ zum Ausdruck kommt; bei Deckfruchtsaatstärken von 300 und 400 Körnern $\cdot \text{m}^{-2}$ werden durch *Festuca*-Untersaaten mit hohen Saatstärken trotz signifikant höherer Biomasse im Stadium EC 32 der Deckfrucht gegenüber der niedrigeren Saatstärke keine Beeinträchtigungen des Kornertrages verursacht (Abb. 4). Die erzielten Ergebnisse weisen darauf hin, daß bei ausreichender Entwicklung und Bestandesdichte der Deckfrucht die Konkurrenz vor der Blüte offenbar eine untergeordnete Bedeutung hat und mögliche Ertragseinbußen am Ende der Vegetationszeit durch Konkurrenz um Wasser und Nährstoffe mit Auswirkungen auf die TKM verursacht werden. Bei gering entwickelten Deckfrüchten treten Konkurrenzeffekte bereits zu einem früheren Zeitpunkt auf. Dies zeigt sich im Versuch „Deckfrucht variiert, Untersaat konstant“. Bei einer Deckfruchtsaatstärke von 100 Körnern $\cdot \text{m}^{-2}$ werden die Ertragseinbußen durch *Festuca*-Untersaaten in der hohen Saatstärke durch eine verminderte Kornzahl je Ähre verursacht (Tab. 4). Da Einwirkungen auf die Kornzahl je Ähre auf Umweltvarianten zwischen Ende der Bestockung und Blüte zurückzuführen sind (BROUWER 1972), hat anscheinend die stärkere Konkurrenz in den hohen Saatstärken der

Festuca-Varianten zu der Ertragsdifferenzierung geführt; dies spiegelt sich in den höheren Biomassen der *Festuca*-Untersaat mit hoher gegenüber der niedrigen Saatstärke im Stadium EC 32 der Deckfrucht wider. Die im Hinblick auf mögliche Reifeverzögerungen durch die Untersaaten durchgeführte TS-Bestimmung von Ähren kurz vor der Ernte der Wintergerste im Versuch „Deckfrucht konstant, Untersaat variiert“ hat keine Unterschiede zwischen den Varianten ergeben. Somit können Verluste durch zu hohe Feuchtigkeit und schlechten Ausdrusch ausgeschlossen werden, zusätzliche Trocknungskosten sind nicht zu erwarten. In Übereinstimmung mit MEIJER (1987) führen im Versuch „Deckfrucht variiert, Untersaat konstant“ geringe Deckfruchtsaatstärken zu einem späteren Bestandesschluß und somit höheren Lichteinfall. Neben der Art der Deckfrucht hat auch die gewählte Sorte Einfluß auf die Lichtinterzeption (KELLER 1954, TANNER et al. 1966, SIDDIQUE et al. 1989). Obwohl die Saatzeiten auf unterschiedlichen Standorten realisiert wurden, zeigen die Ergebnisse, daß vom Saattermin nur geringe Wirkungen auf die Entwicklung von *Festuca rubra* ausgehen; dies wird bestätigt durch MEIJER (1987) sowie RENIUS et al. (1992), die berichten, daß *Festuca rubra* unempfindlich gegenüber später Aussaat ist. Die Aussagen für *Festuca rubra* sind auch auf die Deckfrucht Winterweizen übertragbar (SCHULTHEISS 1991).

Danksagung

Für die finanzielle Unterstützung der Untersuchungen sei der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bonn, gedankt.

Literatur

- AUFHAMMER, W., 1966: Untersuchungen zur Ertragsbildung der Wintergerste. Z. Acker- und Pflanzenbau 124, 318—339.
- BAEUMER, K., 1964: Konkurrenz in Pflanzenbeständen. Forsch. u. Beratung, R. B., Wiss. Ber. Landw. Fak. Uni. Bonn 10, 99—123.
- BERENDONK, C., 1990: Erste Ergebnisse der Untersuchungen zur Flächenstilllegung. In: Ökologie-Forum in Hessen: Flächenstilllegung in der Landwirtschaft — Auswirkungen auf den Naturhaushalt, 57—59.
- BROUWER, W., 1972: Handbuch des speziellen Pflanzenbaus. Verlag P. Parey, Berlin u. Hamburg.
- BÜRGER, K., K.-H. BEUSTER, G. HERFORTH und E. TERKAMP, 1961: Unsere Gräser im Futter- und Samenbau. Landw. Schriftenrh. Boden u. Pfl., 9, 1—180.
- CHARLES, A. H., 1958: The effect of undersowing on the cereal. Field Crop Abstr. 11, 233—239.
- CHASTAIN, T. G. and D. F. GRABE, 1988: Establishment of red fescue seed crops with cereal companion crops. I. Morphological responses. Crop Sci. 28, 308—312.
- CHASTAIN, T. G. and D. F. GRABE, 1989: Spring establishment of turf-type tall fescue seed crops with cereal companion crops. Agron. J. 81, 488—493.
- COOPER, C. S. and H. FERGUSON, 1964: Influence of barley companion crops on root distribution of alfalfa, birdsfoot trefoil and orchardgrass. Agron. J. 56, 63—66.
- DONALD, C. M., 1963: Competition among crop and pasture plants. Adv. Agron. 15, 1—118.
- FRYE, W. W., R. L. BLEVINS, M. S. SMITH and S. CORAK, 1988: Role of annual legume cover crops in efficient use of water and nitrogen. Amer. Soc. Agron. 51, 129—154.
- KELLER, E. R., 1954: Über den Einfluß verschiedener Deckfrüchte auf Entwicklung und Ertrag von Futterpflanzen mit besonderer Berücksichtigung einiger klimatischer Faktoren. Diss. Zürich.
- KNOPP, E., 1985: Shoot apex development date of anthesis and grain yield of autumn-sown spring and winter barley (*Hordeum vulgare* L.) after different sowing times. Z. Acker- und Pflanzenbau 155, 73—81.
- KORNHER, A., 1970: Über den Einfluß einer Deckfrucht auf das Wachstum von Wiesen-schwingel (*Festuca pratensis* Huds.) und Rotklee (*Trifolium pratense* L.) mit besonderer Berücksichtigung von Beschattung und Stickstoffdüngung. Lantbrukshögslans Ann. 36, 273—322.

- KREUZ, E., G. BERGER, N. RIEDEL, S. RIETSCH und K. F. BORSCHEL, 1984: Die Untersaat von Knaulgras in Getreide — ein rationelles Verfahren der Gründüngung. *Feldwirtschaft* 25, 353—355.
- MEIJER, W. J. M., 1987: The influence of winter wheat cover crop management on first-year *Poa pratensis* L. and *Festuca rubra* L. seed crops. *Neth. J. Agric. Sci.* 35, 529—532.
- NORDESTGAARD, A., 1988: Undersowing smooth-stalked meadow grass for seed production in winter barley in autumn. *Tids. Plant.* 92, 199—204.
- RENIUS, W., E. LÜTKE ENTRUP und N. LÜTKE ENTRUP, 1992: Zwischenfruchtbau. Zur Futtergewinnung und Gründüngung. 3. Aufl., Verl. DLG, Frankfurt.
- RODER, W., 1956/57: Über den Einfluß unterschiedlicher Anbauarten (Blank- und Untersaat) auf das physiologische Verhalten einiger landwirtschaftlicher Futterpflanzen, insbesondere auf ihre Transpirationsintensität. *Wiss. Z. Uni. Leipzig, Math.-Naturwiss. R.* 6, 505—535.
- ROTH, R., 1990: Untersaaten auf grundwasserfernem Standort — Erste Ergebnisse 5jähriger Untersuchungen. *Feldwirtschaft* 31, 361—363.
- SANTHRASEGARAM, K. and J. N. BLACK, 1967: Competition between wheat and undersown pasture in the year of sowing and the effect of undersowing on the yield of pasture in the following year. *J. Brit. Grassl. Soc.* 22, 239—244.
- SHIBLES, R., 1976: Committee report. Terminology pertaining to photosynthesis. *Crop Sci.* 16, 437—439.
- SIDDIQUE, K. H. M., R. K. BELFORD, M. W. PERRY and D. TENNANT, 1989: Growth development and light interception of old and modern wheat cultivars in a mediterranean-type environment. *Aust. J. Agric. Res.* 40, 473—487.
- SIMON, W., 1985: Zwischenfrucht-Untersaaten — Möglichkeiten und Grenzen. *Feldwirtschaft* 26, 77—78.
- SCHULTHEISS, U., 1991: Zur Effizienz von Untersaaten für die Begrünung von Ackerbrachen. *Diss. Gießen.*
- TANNER, J. W., C. J. GARDENER, N. C. STOSKOPF and E. REINBERGS, 1966: Some observations on upright-leaf-type small grains. *Can. J. Plant Sci.* 46, 690.
- VOIGTLÄNDER, G. und N. VOSS, 1979: Methoden der Grünlanduntersuchung und -bewertung. Verlag E. Ulmer, Stuttgart.

(Manuskript eingelangt am 28. Juni 1993, angenommen am 20. Oktober 1993)

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Wilhelm OPTZ von BOBERFELD, Lehrstuhl für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Universität Gießen, Ludwigstraße 23, D-35390 Gießen, und Dr. Ute SCHULTHEISS, KTBL, Bartningstraße 49, D-64289 Darmstadt