

Erzeugung von Weizen hoher Backqualität durch Gemengeanbau mit Winterackerbohne und Wintererbse im ökologischen Landbau

Effects of intercropping of winter wheat with pea and fababean on grain yield and baking quality of wheat

FKZ: 03OE050

Projektnehmer:

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH)
Fachbereich Landbau/Landespflege
Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden
Tel.: +49 351 462-2761
Fax: +49 351 462-2167
E-Mail: schmidtk@pillnitz.htw-dresden.de
Internet: <http://www.htw-dresden.de>

Autoren:

Hof, Claudia; Schmidkte, Knut

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL)



**„Erzeugung von Weizen hoher Backqualität durch Gemein-
geanbau mit Winterackerbohne und Wintererbse im ökolo-
gischen Landbau“**

Projekt BLE 03OE050

Abschlussbericht

Ein Forschungsprojekt der Stiftungsprofessur Ökologischer Landbau der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH) in Kooperation mit dem Department für Nutzpflanzenwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen.

Gefördert im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

Autoren des Berichtes: M. Sc. Claudia Hof und Prof. Dr. agr. Knut Schmidtke



Projektleitung
Prof. Dr. agr. Knut Schmidtke
Hochschule für Technik und Wirtschaft
Dresden (FH)



Stiftungsprofessur Ökologischer
Landbau

Pillnitzer Platz 2
01326 Dresden
Email: schmidtk@pillnitz.htw-dresden.de
Tel. 0351/462-3017
Fax: 0351/462-2167



Projektbearbeitung
M. Sc. Claudia Hof-Kautz
Department für Nutzpflanzenwissen-
schaften

Abteilung Pflanzenbau

Von-Siebold-Str. 8
37075 Göttingen
Email: chof@gwdg.de
Tel.: 0551/39-4308
Fax: 0551-39-4601

Dresden und Göttingen, den 16. April 2007

Abschlussbericht

Forschungsprojekt Nr.: 514-43.10/03OE050

**Thema: Erzeugung von Weizen hoher Backqualität durch Gemengeanbau mit
Winterackerbohne und Wintererbse im ökologischen Landbau**

Berichtszeiträume:

1. Zwischenbericht: 22. Januar 2004 bis 31. Dezember 2004
2. Zwischenbericht: 01. Januar 2005 bis 31. Dezember 2005

Abschlussbericht: 22. Januar 2004 bis 31. Dezember 2006

Projektlaufzeit: 22. Januar 2004 bis 31. Dezember 2006 (36 Monate)

Unterschrift Projektleiter

Unterschrift Projektmitarbeiterin

Prof. Dr. agr. Knut Schmidtke

Claudia Hof-Kautz

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung	1
1.1 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts.....	1
1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand.....	3
1.3 Planung und Ablauf des Projekts.....	5
2 Material und Methoden	8
2.1 Standorteigenschaften und Witterung.....	8
2.1.1 Standort Reinshof.....	9
2.1.2 Standort Deppoldshausen.....	11
2.1.3 Standort Stöckendrebber.....	13
2.2 Versuchsaufbau.....	15
2.3 Durchführung der Feldversuche (Probenahme, Aufbereitung, Lagerung).....	19
2.4 Analysen und Berechnungen.....	24
2.4.1 Stickstoffbestimmung in der Pflanze.....	24
2.4.2 N _{min} -Analyse.....	29
2.4.3 Qualitätsanalyse Weizenkorn.....	30
2.4.4 Deckungsbeiträge.....	36
2.4.5 Statistik.....	38
3 Ergebnisse	39
3.1 Erträge Gemenge-Hauptversuch.....	39
3.2 Ertragsparameter Gemenge-Hauptversuch.....	65
3.3 Ertragsleistung der Nachfrucht Winterroggen.....	77
3.4 Qualitätsparameter Weizen.....	81
3.5 N _{min} -Menge im Boden.....	91
3.6 Stickstoff-Erträge Gemenge-Hauptversuch.....	102
3.7 Deckungsbeiträge.....	128
3.8 Ökologische Leistungen der Gemenge.....	137
3.9 Korrelationen.....	150
4 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	155
5 Gegenüberstellung geplante/erreichte Ziele	200
5.1 Balkenpläne.....	202
5.2 weiterführende Fragestellungen.....	206
6 Zusammenfassung	209
7 Literaturverzeichnis	214
8 Anhang	229

Kurzfassung/Abstract

Der Einfluss der Anbauform (Reinsaat/Gemenge), der Reihenweite (15, 30 und 75 cm) sowie des Gemengepartners (Winterackerbohne „Hiverna“, *Vicia faba* L.; Wintererbse „Cheyenne“, *Pisum sativum* L.) auf den Ertrag und die Qualität des Winterweizens „Bussard“ (*Triticum aestivum* L.) wurde in zwei Versuchsjahren (2003/04, 2004/05) an drei verschiedenen Standorten geprüft. In Reinsaat wurde der Weizen mit 300 K m⁻² (100 %) sowie 60 K m⁻² (20 %), die Ackerbohne mit 30 K m⁻² und die Erbse mit 80 K m⁻² angebaut. Die Anlage der substitutiven Gemenge (20 % Weizen, 80 % Körnerleguminosen) erfolgte mit differenzierter Standraumzuteilung (Mischsaat, alternierende Reihen, Reihen-Streifen-Gemenge). Mit nur 20 % Aussaatstärke konnte der Weizen in Reinsaat aufgrund hoher Kompensationsleistung (Bestockung, Körner/Ähre) zum Teil gleich hohe Kornerträge wie bei normaler Saatstärke erzielen. Die Erträge der einzelnen Arten im Gemenge waren in der Regel geringer als in Reinsaat. In der Summe ergab sich zumeist ein relativer Mehrertrag (RYT > 1). In den Gemengen konnte der Weizen sehr hohe Kornqualitäten erzielen. Mit der Ackerbohne wurden bis zu 15,4 % Rohproteingehalt ermittelt (Reihen-Streifen-Gemenge). Die weiteren Qualitätsparameter Feuchtglutengehalt, SDS-Sedimentationswert und Mikro-Rapid-Mix-Test waren positiv mit dem Proteingehalt korreliert. Für Böden mit > 50 BP ist die Ackerbohne als Gemengepartner zur Erzielung hoher Qualitäten des Weizens zu empfehlen; auf sehr schweren Böden kann die Konkurrenz der Ackerbohne allerdings zu hoch sein. Auf leichteren Standorten ist offenbar die Erbse ein geeigneter Gemengepartner des Weizens. Als mögliche Ursache für eine bessere Qualität des Weizens im Gemenge konnte eine zeitliche und räumliche Verschiebung der Nutzung des mineralischen Bodenstickstoffes (N_{min}) festgestellt werden. Darüber hinaus wurden bis zu 10,2 bzw. 13,1 kg N₂fix ha⁻¹ N-Transfer bestimmt (Ackerbohne/Erbse). Die höchsten Deckungsbeiträge erreichten im Mittel mit 552,30 € ha⁻¹ die Gemenge mit Ackerbohne.

*The effects of cultivation form (monocropping/intercropping), row distance (15, 30 or 75 cm) and intercropping partner (winter faba bean "Hiverna", *Vicia faba* L.; winter pea "Cheyenne", *Pisum sativum* L.) on yield formation and grain quality of winter wheat "Bussard" (*Triticum aestivum* L.) were evaluated in two consecutive vegetation periods (2003/04, 2004/05) at three different field sites. Monocropped wheat was grown with 300 K m⁻² (100 %) or 60 K m⁻² (20 %), field bean with 30 K m⁻² and pea with 80 K m⁻². The substitutive intercrops (20 % wheat, 80 % grain legumes) were sown in different spatial arrangements (mixed intercropping, row intercropping or row strip intercropping). Monocropped wheat with only 20 % sowing density achieved equal grain yields as wheat with normal sowing density as a result of a high compensation capacity (tillering, grains per ear). The individual yields of the species grown in mixture were generally lower than in monocrop. Relative yield total was usually greater than 1. Wheat grown in mixtures achieved very high grain qualities. In mixtures with faba bean up to 15,4 % protein content were determined (row strip intercrop). The other quality parameters (gluten content, SDS sedimentation value and micro rapid mix test) were correlated positively with protein content. For loamy soils the faba bean can be recommended as an intercropping partner for the production of high quality wheat, merely on very heavy soils the competition between wheat and faba bean can be too intense. On sandy soils, the pea seems to be an adequate partner in mixture. A gradient in the spatial and temporal use of mineral soil nitrogen (N_{min}) by the wheat was found, possibly resulting in higher grain protein content. Moreover, up to 10,2 and 13,1 kg N ha⁻¹ were symbiotically fixed and transferred to the wheat by faba bean and pea, respectively. The highest contribution margins were reached in the mixtures with faba bean with an average of 552,30 € ha⁻¹.*

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1:	Drillmaschinenkombination zur Aussaat von Gemengen mit unterschiedlichen Verteilungsmustern (row intercropping/row strip intercropping) und unterschiedlichen Korngrößen der Gemengepartner	6
Abb. 2:	Monatliche Niederschlagssummen (mm, oben) und Monatsmittel der Lufttemperatur (°C, unten) an den Versuchsstandorten Reinshof und Deppoldshausen (DEP), DWD = Deutsche Wetterdienst Göttingen	12
Abb. 3:	Monatliche Niederschlagssummen (mm, oben) und Monatsmittel der Lufttemperatur (°C, unten) am Versuchsstandort Stöckendrebber (STÖ), DWD = Deutsche Wetterdienst Nienburg	14
Abb. 4:	Anordnung der Einstiche zur N_{\min} -Beprobung in den einzelnen Varianten innerhalb des Areal der Teilflächenbeerntungen	22
Abb. 5:	Kornerträge von Weizen, Ackerbohne und Erbse in Rein- und Gemengesaat an den Standorten Reinshof, Stöckendrebber und Deppoldshausen im Jahr 2004.....	40
Abb. 6:	Kornerträge von Weizen, Ackerbohne und Erbse in Rein- und Gemengesaat an den Standorten Reinshof, Stöckendrebber und Deppoldshausen im Jahr 2005.....	40
Abb. 7:	Sprossertrag der Kulturpflanzen sowie der Unkräuter in den Prüfgliedern zu den drei Beerntungsterminen am Standort Reinshof im Jahr 2004.....	51
Abb. 8:	Sprossertrag der Kulturpflanzen sowie der Unkräuter in den Prüfgliedern zu den drei Beerntungsterminen am Standort Reinshof im Jahr 2005.....	53
Abb. 9:	Sprossertrag der Kulturpflanzen sowie der Unkräuter in den Prüfgliedern zu den drei Beerntungsterminen am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004	56
Abb. 10:	Sprossertrag der Kulturpflanzen sowie der Unkräuter in den Prüfgliedern zu den drei Beerntungsterminen am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005.....	59
Abb. 11:	Sprossertrag der Kulturpflanzen sowie der Unkräuter in den Prüfgliedern zu den drei Beerntungsterminen am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004.....	62
Abb. 12:	Sprossertrag der Kulturpflanzen sowie der Unkräuter in den Prüfgliedern zu den drei Beerntungsterminen am Standort Deppoldshausen im Jahr 2005.....	64
Abb. 13:	Kornertrag der Nachfrucht Winterroggen an den Standorten Reinshof, Stöckendrebber, und Deppoldshausen im Jahr 2005	78
Abb. 14:	Kornertrag der Nachfrucht Winterroggen an den Standorten Reinshof, Stöckendrebber, und Deppoldshausen im Jahr 2006.....	78
Abb. 15:	Rohproteingehalt im Korn der der Nachfrucht Winterroggen an den Standorten Reinshof, Stöckendrebber und Deppoldshausen im Jahr 2005.....	80
Abb. 16:	Rohproteingehalt im Korn der der Nachfrucht Winterroggen an den Standorten Reinshof, Stöckendrebber und Deppoldshausen im Jahr 2006.....	80

Abb. 17: N _{min} -Menge im Boden aller Prüfglieder am Standort Reinshof im Jahr 2004.....	92
Abb. 18: N _{min} -Menge im Boden aller Prüfglieder am Standort Reinshof im Jahr 2005.....	94
Abb. 19: N _{min} -Menge im Boden aller Prüfglieder am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004.....	96
Abb. 20: N _{min} -Menge im Boden aller Prüfglieder am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005.....	98
Abb. 21: N _{min} Menge im Boden aller Prüfglieder am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004; aufgrund der am Standort Deppoldshausen vorhandenen Flachgründigkeit des Bodens konnte nur bis in eine Tiefe von 30 cm beprobt werden.....	100
Abb. 22: N _{min} Menge im Boden aller Prüfglieder am Standort Deppoldshausen im Jahr 2005; aufgrund der am Standort Deppoldshausen vorhandenen Flachgründigkeit des Bodens konnte nur bis in eine Tiefe von 30 cm beprobt werden.....	101
Abb. 23: Stickstoff-Ertrag aller Prüfglieder zu den drei Ernteterminen am Standort Reinshof im Jahr 2004.....	105
Abb. 24: Stickstoff-Ertrag aller Prüfglieder zu den drei Ernteterminen am Standort Reinshof im Jahr 2005.....	108
Abb. 25: Stickstoff-Ertrag aller Prüfglieder zu den drei Ernteterminen am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004.....	111
Abb. 26: Stickstoff-Ertrag aller Prüfglieder zu den drei Ernteterminen am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005.....	114
Abb. 27: Stickstoff-Ertrag aller Prüfglieder zu den drei Ernteterminen am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004.....	117
Abb. 28: Stickstoff-Ertrag aller Prüfglieder zu den drei Ernteterminen am Standort Deppoldshausen im Jahr 2005.....	120
Abb. 29: N-Bilanzsaldo der Bestände an drei Standorten im Jahr 2004.....	127
Abb. 30: N-Bilanzsaldo der Bestände an drei Standorten im Jahr 2005.....	127
Abb. 31: Deckungsbeiträge der Bestände an drei Standorten des Hauptfruchtversuches im Jahr 2004.....	133
Abb. 32: Deckungsbeiträge der Bestände an drei Standorten des Hauptfruchtversuches im Jahr 2005.....	134
Abb. 33: Gesamtdeckungsbeitrag (Summe Deckungsbeitrag der Vor- und Nachfrucht) an drei Standorten in der Periode 2004/2005.....	136
Abb. 34: Gesamtdeckungsbeitrag (Summe Deckungsbeitrag der Vor- und Nachfrucht) an drei Standorten in der Periode 2005/2006.....	137
Abb. 35: Anzahl gefangener männlicher Falter des Erbsenwicklers in zwei Fallen an den Standorten Reinshof, Deppoldshausen und Stöckendrebber im Jahr 2004 (Neuzuflug, Summe beider Fallen).....	138
Abb. 36: Anzahl gefangener männlicher Falter des Erbsenwicklers in zwei Fallen an den Standorten Reinshof, Deppoldshausen und Stöckendrebber im Jahr 2005 (Neuzuflug, Summe beider Fallen).....	139

Abb. 37: Bestandeshöhe der Erbse [cm] in den verschiedenen Prüfgliedern am Standort Reinshof im Jahr 2004	145
Abb. 38: Bestandeshöhe der Erbse [cm] in den verschiedenen Prüfgliedern am Standort Reinshof im Jahr 2005	146
Abb. 39: Bestandeshöhe der Erbse [cm] in den verschiedenen Prüfgliedern am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004	147
Abb. 40: Bestandeshöhe der Erbse [cm] in den verschiedenen Prüfgliedern am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005	148
Abb. 41: Bestandeshöhe der Erbse [cm] in den verschiedenen Prüfgliedern am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004	148
Abb. 42: Bestandeshöhe der Erbse [cm] in den verschiedenen Prüfgliedern am Standort Deppoldshausen im Jahr 2005	149

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1:	Übersicht Standorteigenschaften der Feldversuchsstandorte.....	8
Tab. 2:	Bodenchemische Kennwerte der Böden an den Untersuchungsstandorten.....	9
Tab. 3:	Prüfglieder des Feldversuches.....	15
Tab. 4:	Aussaatstärken der Prüfglieder.....	16
Tab. 5:	Aussaattermine für die Hauptversuche mit Weizen sowie die Nachfruchtversuche mit Roggen.....	17
Tab. 6:	Termine der Bodenbearbeitung für die Hauptversuche mit Weizen sowie die Nachfruchtversuche mit Roggen.....	18
Tab. 7:	Zeitpunkt der Beerntungen der Kleinteilflächen anhand der BBCH-Stadien 25 (Bestockung), 65 (Blüte) und 89 (Reife) des Weizens im Hauptversuch sowie der Nachfrucht Winterroggen.....	21
Tab. 8:	Rezeptur des Gebäcks (erweitert nach KIEFFER et al. 1993).....	34
Tab. 9:	Bewertung der Volumenausbeute im RMT (Weizenmehl-Typ 550), Stufe 5 = 622 bis 651 ml (BSA 2003), ergänzt.....	34
Tab. 10:	Bewertung der enzymatischen Aktivität der α -Amylase (PAWELZIK 2003, PERTEN INSTRUMENTS 1996).....	36
Tab. 11:	Preise [€ dt ¹] der Marktfrüchte Ernte 2004 und 2005 (ZMP 2005 und 2006).....	36
Tab. 12:	RYT der Kornerträge der Gemengevarianten an den drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005, a) Gemenge mit Ackerbohnen, b) Gemenge mit Erbsen.....	46
Tab. 13:	Mittlere Verdrängungskoeffizienten des Weizens relativ zu den Leguminosen (k_{WL}) und der Leguminosen relativ zum Weizen (k_{LW}) an den drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005.....	48
Tab. 14:	Trockenmasse-Harvestindices (HI) des Weizens im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Stöckendrebber (STÖ), Reinshof (REI) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005.....	65
Tab. 15:	Trockenmasse-Harvestindices (HI) der Leguminosen an den drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005, a) Ackerbohne, b) Erbse.....	66
Tab. 16:	Tausendkornmasse [g] des Weizens im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) im Jahr 2004 und 2005.....	68
Tab. 17:	Tausendkornmasse [g] der Leguminosen an den drei Standorten im Jahr 2004 und 2005, a) Ackerbohne, b) Erbse.....	68
Tab. 18:	Pflanzen pro m ² des Weizens im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) im Jahr 2004 und 2005.....	70
Tab. 19:	Pflanzen pro m ² der Körnerleguminosen an den drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005, a) Ackerbohne, b) Erbse.....	71

Tab. 20: Ähren pro m ² des Weizens im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005	72
Tab. 21: Hülsen pro m ² der Leguminosen an den drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005, a) Ackerbohne, b) Erbse	73
Tab. 22: Ähren pro Pflanze des Weizens im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005	74
Tab. 23: Anzahl Stängel pro Pflanzen der Leguminosen an den drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005, a) Ackerbohne, b) Erbse	75
Tab. 24: Körner pro Ähren des Weizens im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005	76
Tab. 25: Körner pro Hülse der Leguminosen an den drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005, a) Ackerbohne, b) Erbse	77
Tab. 26: Rohproteingehalte [%] des Weizens im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005	81
Tab. 27: Rohproteingehalte [%] des Weizens im Mittel über die Anbauformen an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005	82
Tab. 28: Feuchtglutengehalte [%] des Weizens im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005	83
Tab. 29: Feuchtglutengehalt im Weizenkorn [%] im Mittel über die Anbauformen an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005	84
Tab. 30: SDS-Sedimentationswert [ml] des Weizens im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005	85
Tab. 31: SDS-Sedimentationswert [ml] des Weizens im Mittel über die Anbauformen an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005	86
Tab. 32: Erzielte Backvolumen im Mikro-Rapid-Mix-Test [ml je 100 g Mehl] des Weizens im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005	88
Tab. 33: Erzielte Backvolumen im Mikro-Rapid-Mix-Test [ml je 100 g Mehl] des Weizens im Mittel über die Anbauformen an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005	88
Tab. 34: Fallzahl [s] des Weizens im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) der Jahre 2004 und 2005	89

Tab. 35: Fallzahl [s] des Weizens im Mittel über die Anbauformen an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) der Jahre 2004 und 2005	90
Tab. 36: N_{\min} -Mengen im Boden im Herbst und Winter 2003/2004 am Standort Stöckendrebber	95
Tab. 37: Anteil Stickstoff aus der Luft (Ndfa) [%] in der Sprossmasse der Leguminosen zur ersten Beerntung an drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005, a) Ackerbohne, b) Erbse	121
Tab. 38: Anteil Stickstoff aus der Luft (Ndfa) [%] in der Sprossmasse der Leguminosen zur zweiten Beerntung an drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005, a) Ackerbohne, b) Erbse	122
Tab. 39: Anteil Stickstoff aus der Luft (Ndfa) [%] im Korn der Leguminosen zur dritten Beerntung an drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005, a) Ackerbohne, b) Erbse	123
Tab. 40: Anteil Stickstoff aus der Luft (Ndfa) [%] im Spross (Korn + Stroh) der Leguminosen zur dritten Beerntung an drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005, a) Ackerbohne, b) Erbse	124
Tab. 41: Transferierte N-Menge [kg N ha^{-1}] im Spross (Korn + Stroh) des Weizens zur dritten Beerntung an drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005, a) Ackerbohne, b) Erbse	125
Tab. 42: Anteil transferierter Stickstoff im Spross (Korn + Stroh) des Weizen [%] an drei Standorten im Jahr 2004 und 2005 zur dritten Beerntung, a) Ackerbohne, b) Erbse	125
Tab. 43: Beispielrechnung für die Berechnung des Deckungsbeitrages der Weizenreinsaat W15 am Standort Reinshof im Jahr 2004	129
Tab. 44: Beispielrechnung für die Berechnung des Deckungsbeitrages des Gemenges WA30/30 am Standort Reinshof im Jahr 2004	130
Tab. 45: Beispielrechnung für die Berechnung des Deckungsbeitrages der Reinsaat der Erbsen (Variante E15) am Standort Reinshof im Jahr 2004	132
Tab. 46: Anteil [%] der mit dem Erbsenwickler befallenen Erbsenhülsen an drei Standorten im Jahr 2004 und 2005 ermittelt zu Kornreife (BBCH 89)	140
Tab. 47: Gewichtsprozent [%] der vom Erbsenwickler geschädigten Körner an drei Standorten im Jahr 2004 und 2005 ermittelt zur Kornreife (BBCH 89)	140
Tab. 48: Ertragsverlust [%] durch den Befall mit Erbsenwickler an der Erbse an drei Standorten im Jahr 2004 und 2005 ermittelt zur Kornreife (BBCH 89)	141
Tab. 49: Ertragsverlust an Kornmasse [dt TM ha^{-1}] durch den Erbsenwickler an drei Standorten im Jahr 2004 und 2005 ermittelt zur Kornreife (BBCH 89)	142
Tab. 50: Abstand des Fahnenblattes zur Ähre [cm] beim Weizen im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) im Jahr 2004 und 2005	143

Tab. 51: Abstand zwischen Fahnenblatt und Ähre [cm] beim Weizen im Mittel über die Anbauformen an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendreber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) im Jahr 2004 und 2005.....	144
Tab. 52: Korrelationskoeffizienten r des Kornertrages zu den Backqualitätsparametern im Korn des Weizens an drei Standorten im Jahr 2004 und 2005	151
Tab. 53: Korrelationskoeffizienten r der zwischen den Qualitätsparametern des Weizenkorns anhand des Erntegutes von drei Standorten der Jahre 2004 und 2005.....	152
Tab. 54: Korrelationskoeffizienten r des Proteingehaltes im Korn des Weizens zu den spezifischen Qualitätsparametern je Prozent Proteingehalt im Weizenkorn ermittelt an Erntegut von drei Standorten des Jahres 2004 und 2005.....	153
Tab. 55: Korrelationskoeffizienten r der Tausendkornmasse des Weizens (TKM) zum Kornertrag sowie zu den Qualitätsparametern des Weizens ermittelt am Erntegut von drei Standorten im Jahr 2004 und 2005.....	154
Tab. 56: Steigerung des Proteingehaltes (in Prozentpunkten) des Getreides im Gemenge im Vergleich zur Reinsaat des Getreides	168
Tab. 57: N-Aufnahme des Weizens [kg N ha^{-1}] von der Blüte zur Kornreife im Mittel über die Reihenweiten als Differenz zur N-Aufnahme des Weizens in dieser Entwicklungsphase in den 100 % Reinsaaten.....	184
Tab. 58: Anteil Stickstoff aus der Luft (Ndfa) in der Biomasse verschiedener Körnerleguminosen sowie Gesamtstickstoffertrag in Rein- und Gemenge-saat.....	186

Verzeichnis der Abkürzungen

A	Ackerbohne
Abb.	Abbildung
BBCH	B iologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, B undessortenamt und C hemische Industrie, Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien von Pflanzen (MEIER 2001)
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BSA	Bundessortenamt
bzw.	beziehungsweise
ca.	Circa
CAL	Calcium-Acetat-Lactat
C _{org}	organischer Kohlenstoff
DB	Deckungsbeitrag
δ ¹⁵ N	Delta ¹⁵ N-Wert aus der „natural ¹⁵ N abundance method“, Verhältnis ¹⁴ N zu ¹⁵ N als Abweichung vom Standard Luft in ‰
DEP	Standort Deppoldshausen
DWD	Deutscher Wetterdienst
E	Erbse
Fa.	Firma
GD, GD _t oder GD _s	Grenzdifferenz (bei t-Test, Tukey oder Scheffé)
HI	Harvestindex
HMW	High molecular weight
HTW	Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH)
ICC	International Association for Cereal Chemistry
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.
LfL	Landesanstalt für Landwirtschaft
LMW	Low molecular weight
LWK	Landwirtschaftskammer
MRMT	Mikro-Rapid-Mix-Test
N ₂ fix	N ₂ -Fixierung
Ndfa	Nitrogen derived from the atmosphere (Anteil Stickstoff aus der Luft)
N _{min}	mineralischer Stickstoff (Nitrat-N und Ammonium-N)
NN	Normal Null
N _t	gesamt Stickstoff
N _{trans}	N-Transfer, symbiotisch fixierter N im Spross der Nichtleguminose
P	Irrtumswahrscheinlichkeit
REI	Standort Reinshof
SDS	Sodiumdodecylsulfat
STÖ	Standort Stöckendrebber
Tab.	Tabelle
TKM	Tausendkornmasse (g/1000 Körner)
TM	Trockenmasse
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
VE	Valorigraph-Einheiten
W	Weizen
WA	Weizen-Ackerbohne im Gemenge
WE	Weizen-Erbse im Gemenge
z. B.	zum Beispiel
ZMP	Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH

1 Einleitung

Das Forschungsprojekt BLE 03OE050 ist im Bereich der F + E Projekte unter „Pflanze, Pflanzenbau“ des Programms zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie Maßnahmen zum Technologie- und Wissenschaftstransfer im ökologischen Landbau gefördert worden (Bekanntmachung Nr. 02/03/51 vom 02. April 2003).

1.1 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts

Gesamtziel des Vorhabens

Ziel des beantragten Forschungsprojektes war es, ein neues Gemengeanbausystem zur Erzeugung von hochqualitativem Backweizen im ökologischen Landbau zu entwickeln (1), den Anbau bisher vernachlässigter Kulturpflanzenvarietäten (Winterformen der Ackerbohne und Erbse) zu fördern (2) und über die Anlage von Demonstrationsversuchen in der Praxis und das Fertigen eines Anbautelegramms (Empfehlungen für die Beratung) ein Transfer der Projektergebnisse in die Landbaupraxis zu gewährleisten (3). Durch das Forschungsprojekt sollte für Betriebe des ökologischen Landbaus, die nur über geringe Mengen oder keine Wirtschaftsdüngemittel verfügen (viehschwach, viehlos wirtschaftende Betriebe), eine neue, verfahrenssichere Strategie zur Erzeugung von Backweizen sehr guter Qualität bereitgestellt werden.

Bezug des Vorhabens zu den förderpolitischen Zielen

Das Forschungsvorhaben soll einen Beitrag zur Lösung von spezifischen Problemen im Ackerbau des ökologischen Landbaus bei der Erzeugung von Weizen mit hoher Backqualität leisten. Durch das neue Anbauverfahren soll die Wettbewerbsfähigkeit des ökologischen Ackerbaus insbesondere in viehschwach bzw. viehlos wirtschaftenden Betrieben gesteigert werden. Gemengebau führt nachweislich in vielen Fällen zu einer erhöhten Effizienz in der Nutzung standortgebundener Ressourcen sowie zu einer erhöhten Stabilität in der Ertragsleistung des Kulturpflanzenbestandes. Zudem erhöht ein Gemengebau auch die Biodiversität in der Ackerfläche, so dass zu erwarten ist, dass die Nachhaltigkeit der Erzeugung von Backweizen durch die Ergebnisse des Projektes verbessert werden kann.

Wissenschaftliche Arbeitsziele

Die geplanten Untersuchungen sollten dazu dienen, die Eignung des Gemengebaus von Winterweizen mit Winterformen der Ackerbohne und der Erbse zur Erzeugung von hochqualitativen Backweizen zu prüfen (1), den Einfluss der Standraumzuteilung der Gemengepartner auf die Kornproteingehalte des Weizens im Gemenge zu testen (2) und die Frage zu klären, ob ein erhöhter Kornproteingehalt des Weizens aus dem Gemenge gegenüber dem Anbau von Weizen in Reinsaat durch eine zeitliche Verschiebung der Aneignung von bodenbürtigem Stickstoff oder einen Transfer symbiotisch fixierten Stickstoffs hervorgerufen wird (3). Durch die Bearbeitung der wissenschaftlichen Arbeitsziele sollten Wirkungszusammenhänge erkannt und hierüber standortspezifische Anbauempfehlungen für die Praxis im ökologischen Ackerbau abgeleitet werden.

Zu folgenden Fragestellungen sollte die Untersuchung den Kenntnisstand erweitern:

1. Kann durch einen Gemengeanbau von Winterweizen mit Winterackerbohne oder Wintererbse die Backqualität des Winterweizens gegenüber dem Anbau in Reinsaat erhöht werden?
2. Welche Ursachen führen zu einer höheren Backqualität des Weizens im Gemengeanbau?
3. Inwieweit haben Standraumzuteilung und Wahl der Körnerleguminosenart Einfluss auf die Backqualitätsparameter des Weizens aus Gemengebau?
4. Ist eine höhere Kornqualität des Weizens nur mit einem Rückgang des Kornertrages des Winterweizens im Gemenge im Vergleich zur den Reinsaaten zu erzielen?
5. Gibt es Unterschiede in der Höhe der N₂-Fixierung der Winterkörnerleguminosen zwischen den geprüften Arten sowie in Reinsaat und Gemengebau?
6. Findet ein Transfer symbiotisch fixierten Stickstoffs von der Körnerleguminose zum Winterweizen statt?
7. Wie viel bodenbürtigen Stickstoff nehmen die Winterkörnerleguminosen auf und hat das einen Einfluss auf die N-Aufnahme des Weizens im Gemenge?
8. Wie wirken Reinsaat und Gemenge auf die Nachfrucht Winterroggen?
9. Welche Deckungsbeiträge werden erzielt, wenn Ertrag, Qualität und Vorfruchtwirkung einbezogen werden und welche spezifischen Anbauempfehlungen für die Praxis des ökologischen Landbaus leiten sich aus der Bewertung des gesamten Fruchtfolgeglieders der Körnerleguminose (Reinsaat/Gemengesaat mit Winterweizen) und Nachfrucht Winterroggen ab?

10. Finden sich weitere Vorteile des Gemengeanbaus z.B. Ertragsstabilität, Abwehr von Krankheiten und Schädlingen, Unkrautunterdrückung, Minderung von Lager und Minderung von Nährstoffverlusten?

1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Mit der Erzeugung von Backweizen realisieren ökologisch wirtschaftende Ackerbaubetriebe in der Regel einen großen Teil ihres Betriebsgewinns. Den vom Markt geforderten Anspruch an die Qualität des Korngutes von mehr als 11,0 % Rohprotein, einem Sedimentationswert von mehr als 35,0 ml und einem Gehalt an Feuchtkleber von mehr als 25,0 % können die in viehlos wirtschaftenden Betrieben erzeugten Weizenpartien häufig nicht entsprechen. Hohe Kornproteingehalte lassen sich in der Regel im Weizenanbau nur durch ein entsprechendes spätes Angebot an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Boden und Aufnahme dieses Stickstoffs durch den Weizen in der Phase des Ährenschiebens bis zur Mitte der Kornfüllungsphase erzielen. Durch eine Futterleguminosen-Grünbrache kann ein hoher Stickstoff-Vorfruchtwert für Winterweizen gewährleistet werden. Hierdurch sind auch viehlos wirtschaftende Betriebe in der Lage, hohe Ertragsleistungen beim Anbau von Weizen zu erzielen. Allerdings zeigen vielfach die Erfahrungen aus der Praxis, dass eine Leguminosen-Grünbrache zwar in der Regel zu einem vergleichsweise hohen Kornertrag der Nachfrucht Winterweizen führt, jedoch durch die Vorfrucht Grünbrache nicht sicher gewährleistet werden kann, dass auch hohe Proteingehalte im Korn zur Erzeugung von Backweizen realisiert werden. Offenbar reicht die Mineralisation aus organischen Stickstoff-Vorräten des Bodens und aus Ernterückständen der Grünbrache-Vorfrucht in späten Entwicklungsstadien des Weizens nicht aus, um auch den hohen Stickstoffbedarf in der Kornfüllungsphase zur Backweizenerzeugung hinreichend decken zu können (POMMER 2003a). In der zweiten und dritten Folgefrucht nach Umbruch der Grünbrache geht in der Regel das Angebot an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Boden stetig zurück, so dass ohne gezielte pflanzenbauliche Maßnahmen die Bedingungen für die Erzeugung von Backweizen in viehlos wirtschaftenden Betrieben noch ungünstiger werden.

Seit einigen Jahren wird deshalb das System Weite Reihe, d. h. der Anbau von Weizen in Reihenabständen von mehr als 40 cm als Alternative zu einem Anbau von Weizen mit üblichen Reihenabständen (10 bis 20 cm) zur Backweizenerzeugung praktiziert und wissenschaftlich untersucht. Hierbei erwies sich das System Weite Reihe bei Rückgang des Ertrages des Weizens gegenüber dem Normalsaatverfahren in einigen Fällen als signifikant

qualitätssteigernd (SÖLLINGER 2003). In anderen Fällen konnte jedoch durch die alleinige Änderung des Reihenabstandes weder ein signifikanter Effekt auf die Backqualität des Weizens noch eine positive Wirkung auf den Getreideertrag festgestellt werden (POMMER 2003a). BECKER & LEITHOLD (2003a) schlussfolgern aus ihren Untersuchungen, dass mit einer Erhöhung der Reihenweite auf 50 cm gegenüber Normalsaatverfahren nur tendenziell höhere Backweizenqualitäten bei Winterweizen erzielt werden können. Eine Verbesserung des Vorfruchtwertes des Weizens durch Vergrößerung des Reihenabstandes des Weizens konnte zudem von BECKER & LEITHOLD (2003 a) nicht festgestellt werden. Die Einsaat einer Untersaat in die mit weitem Reihenabstand angelegten Weizenbestände hatte in Untersuchungen von BECKER & LEITHOLD (2003a) keinen Effekt auf die Qualität des Weizens, erhöhte jedoch den Vorfruchtwert des Weizens deutlich. In anderen Untersuchungen war allerdings die Einsaat von Untersaaten in Weizen bei weitem Reihenabstand mit einem Rückgang des Proteingehaltes im Korn des Weizens verbunden (NEUMANN et al. 2003). Deshalb kann die Nutzung des Systems Weite Reihe nicht in allen Fällen zu einer Steigerung des Gewinns eines ökologisch wirtschaftenden Ackerbaubetriebes beitragen (NIEBERG et al. 2003). In der landwirtschaftlichen Praxis kann das System Weite Reihe als eine Strategie zur Erzeugung von Backweizen genutzt werden, allerdings stellt es, wie die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigen, kein Steuerungsinstrument dar, mit dem das pflanzenbauliche Ziel der Erzeugung von Backweizen guter Qualität mit hoher Zuverlässigkeit tatsächlich auch erreicht wird. Deshalb kommt der Entwicklung wirkungsvoller Strategien, mit denen in viehlos oder viehschwach wirtschaftenden Betrieben des ökologischen Landbaus hochqualitative Backweizenpartien erzeugt werden können, nach wie vor auch für die Ausdehnung des ökologischen Landbaus große praktische Bedeutung zu.

Der Stand des Wissens zum Thema Gemengeanbau ist am Department für Nutzpflanzenwissenschaften der Universität Göttingen im Rahmen des Projektes BLE 514-43.10/02OE221 im Bundesprogramm Ökologischer Landbau zusammengetragen worden. Hierzu wurde eine Broschüre (HOF & RAUBER 2003a), ein Abschlussbericht (HOF & RAUBER 2003b) sowie eine Masterarbeit erstellt (HOF 2003). Es wurden viele Vorteile des Gemengeanbaus für den ökologischen Landbau herausgearbeitet, wie z. B. Mehrertrag durch Kompensation und/oder Komplementäreffekte, Qualitätsverbesserung oder Abwehr von Stress- und Schadfaktoren (Krankheiten, Schädlinge, Unkrautunterdrückung, Nährstoffverluste; HOF & RAUBER 2003a). Weiterhin wurden die Schwierigkeiten beim Anbau von Gemengen dargestellt, beispielsweise die Wahl der Gemengepartner, die Höhe der Aussaat-

stärke, die Drilltechnik sowie die Erntetechnik bezüglich gemeinsamer Abreife und Trennung bzw. Reinigung bei Körnerfruchtgemengen. Es wurde der weitere Forschungsbedarf für diese Schwierigkeiten aufgezeigt. Darüber hinaus bestand Forschungsbedarf bei der Betrachtung der Abwehr von Krankheiten und Schädlingen, die im ökologischen Landbau relevant sind, sowie der Fruchtfolge Wirkung von Gemengen bzw. der Fruchtfolgegestaltung mit Gemengen (HOF & RAUBER 2003b). Zudem war die mögliche qualitätsverbessernde Wirkung eines Gemengepartners bis dahin unzureichend Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen gewesen. Hier knüpfte das Projekt BLE 03OE050 an, indem die Backqualität des Weizens aus Gemengeanbau im Vordergrund stand. Außerdem wurden die Aspekte Drilltechnik, Trennung der Arten, Abwehr von Schädlingen (hier Erbsenwickler) und Fruchtfolge Wirkung untersucht.

1.3 Planung und Ablauf des Projekts

Versuchsvorhaben

Das Vorhaben wurde wie geplant vom Antragsteller (HTW Dresden) in Kooperation mit dem Department für Nutzpflanzenwissenschaften der Universität Göttingen, Abteilung Pflanzenbau bearbeitet. Die Feldversuche des Hauptversuches wurden auf den langjährig ökologisch bewirtschafteten Betriebsteilen des Versuchsgutes Reinshof und Deppoldshausen der Universität Göttingen sowie auf einem Biolandbetrieb in Stöckendrebber im Herbst 2003 und 2004 für die Vegetationsperioden 2003/2004 und 2004/2005 angelegt. Der Vorfruchtwert der Bestände wurde mittels Nachfrucht Winterroggen (2004/2005 und 2005/2006) bewertet. Für die Vegetationsperiode 2005/2006 wurde ein Demonstrationsversuch der Gemenge in Dohna bei Dresden auf einem Gäa-Betrieb für eine Feldbegehung mit Praktikern und Beratern angelegt. Die Prüfglieder des Hauptversuches umfassten die Gemenge aus Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) und Winterackerbohne (*Vicia faba* L.) bzw. Wintererbse (*Pisum sativum* L.) mit den Standraumzuteilungen „mixed intercropping“ (Gemisch in der Reihe), „row intercropping“ (Anbau in alternierenden Reihen) und „row strip intercropping“ (Reihen-Streifen-Anbau). Zum Vergleich wurden zusätzlich Weizen und Körnerleguminosen in Reinsaat und mit Reinsaatstärke sowie Weizen in Reinsaat mit Gemengesaatstärke angebaut. Die Reihenweiten wurden mit 15, 30 und 75 cm Reihenabstand systematisch variiert (siehe Material und Methoden).

Die Bestände des Hauptversuches wurden zu drei Terminen (BBCH des Weizens: 25 Bestockung, 65 Blüte und 89 physiologische Reife) beerntet. Zu den genannten Terminen

wurde der N_{\min} -Vorrat im Boden erfasst, um die horizontale und vertikale Nutzung des N_{\min} -Vorrates im Boden zu verfolgen. Zum Zeitpunkt der Kornreife wurde darüber hinaus ein Parzellendrusch mit einem Parzellenmähdrescher durchgeführt. Die N-Akkumulation im Spross aus boden- und luftbürtiger Quelle wurde mittels des natürlichen Vorkommens stabiler N-Isotope zu allen drei Ernteterminen erfasst ($\delta^{15}N$ -Methode, SHEARER & KOHL 1986). Daraus wurden die N-Erträge, die symbiotische N_2 -Fixierleistung, der N-Transfer und die N-Flächenbilanzen errechnet.

Das Flugverhalten des Erbsenwicklers (*Cydia nigricana* F.) wurde während der Vegetationszeit über Pheromonfallen bonitiert und der Befall am Erntegut quantifiziert. Die Qualitätsanalysen des Weizenvollkornmehles umfassten die Ermittlung des Rohproteingehaltes, des Feuchtglutengehaltes, des SDS-Sedimentationswertes, der Fallzahl sowie die Durchführung eines Vollkornmehlbacktests als Mikro-Rapid-Mix-Test nach KIEFFER et al. (1993). Der Vorfruchteffekt der Bestände wurde an der Nachfrucht Winterroggen durch Erhebung des Korn- und Strohertrages sowie der N-Aufnahme des Roggens im Spross erfasst. Zur Aussaat der Bestände konnte im zweiten Versuchsjahr der Umbau zweier baugleicher Drillmaschinen zur Aussaat von Gemengen unterschiedlicher Korngröße in Mischsaat, alternierenden Reihen sowie Reihen-Streifen-Gemengen bei einmaliger Überfahrt realisiert werden (Abb. 1). Hierfür stellte die Firma Amazone die Säaggregate kostenfrei zur Verfügung.



Abb. 1: Drillmaschinenkombination zur Aussaat von Gemengen mit unterschiedlichen Verteilungsmustern (row intercropping/row strip intercropping) und unterschiedlichen Korngrößen der Gemengepartner

Technologie und Wissenstransfer in die Praxis

Zur Information der Zielgruppe des Forschungsprojektes wurden Feldbesichtigungen mit Fachberatern und Landwirten durchgeführt. Im Jahr 2005 konnten zwei Termine realisiert werden: Der erste Termin fand am 17.05.05 in Stöckendrebber statt. Neben der Vorstellung des Feldversuches wurden die Themen Anbau in Weiter Reihe, Drilltechnik, Hacktechnik, Reihenmulcher diskutiert. Der zweite Termin fand am 05.07.2005 in Kooperation mit der Universität Kassel/Witzenhausen statt. Auf dem Versuchsgut Reinhof bei Göttingen wurden neben dem Feldversuch weitere Gemengeversuche mit verschiedenen Erbse-sorten und Hafer sowie Gemenge aus Mais mit Phaseolusbohne oder Ackerbohne vorgestellt. Am Nachmittag übernahm die Universität Kassel die Gestaltung des Programms. Hier stand die Vorstellung des EU-Projektes „Intercrop“ – Mischanbau von Sommerannuellen im ökologischen Landbau (Erbse/Gerste, Ackerbohne/Weizen, Ackerbohne/Hafer) im Vordergrund. Darüber hinaus konnten Gemengeversuche der Wintererbse mit Winterroggen besichtigt werden.

Die Feldbegehung 2006 erfolgte in Zusammenarbeit mit der Gää-Vereinigung ökologischer Landbau e. V. (Ulf Müller) am 14.07.2006 in Reinhardtsgrimma und Dohna (Demonstrationsversuch). Es wurden verschiedene Feldfrüchte (Weizen, Triticale, Nackthafer, Dinkel, Raps, Kartoffeln, Luzerne, Wickroggen) sowie der Demonstrationsversuch zum Vorhaben besichtigt.

Zum Abschluss des Projektes wurden die gewonnen Erkenntnisse in einen 15 Seiten umfassenden Beraterrundbrief zusammengestellt.

2 Material und Methoden

2.1 Standorteigenschaften und Witterung

Eine Übersicht über die Standorteigenschaften der drei Versuchsstandorte zeigt Tabelle 1.

Tab. 1: Übersicht Standorteigenschaften der Feldversuchsstandorte

Standort	Ackerzahl	Bodentyp	Bodenart
Reinshof	89	Auenböden aus Schwemmlöss	toniger Lehm (LT)
Deppoldshausen	38-40	Muschelkalkverwitterungsboden	toniger Lehm (LT)
Stöckendrebber	40-60	Alluvialboden	lehmiger Sand (SI)

In Tabelle 2 sind die Bodenkennwerte der Versuchsflächen abgetragen. C_{org} -Gehalte von 0,9 bis 1,2 % sind nach KÖRSCHENS (1997) für Böden mit einem Anteil von ca. 15 % Ton und Feinschluff anzustreben. Der Boden am Standort Stöckendrebber fällt in etwa in diesen Bereich. Die Orientierungswerte der Arbeit von KÖRSCHENS (1997) reichen nur für Lehm Böden mit einem maximalen Tongehalt von 38 % (anzustrebend: 1,8 bis 2,6 % C_{org} -Gehalt). An den Standorten Reinshof und Deppoldshausen sind deutlich höhere Gehalte an Ton im Boden bis 65,0 % vorhanden. Sie sollten demnach deutlich höhere C_{org} -Gehalte als vorliegend aufweisen. Die Werte für den Humusgehalt liegen auf allen Standorten und in allen Jahren im Bereich humusarm bis humos (h). Der anzustrebende pH-Wert im Boden von 7,0 (Reinshof, Deppoldshausen) bzw. 5,8 (Stöckendrebber) wird in der Regel leicht übertroffen (Labor Janssen 2005). Die Phosphorgehalte liegen mit 5 mg P je 100 g TM Boden im Bereich der Gehaltsklasse C (anzustrebender Bereich). Am Standort Stöckendrebber lag in der Vegetationsperiode 2003/04 mit 1 mg P je 100 g TM offenbar ein Mangel an pflanzenverfügbarem Phosphor vor (Gehaltsklasse A). Dies dürfte sich auf den Ertrag der angebauten Feldfrüchte ausgewirkt haben (RÖMER & LEHNE 2004). Die Kaliumgehalte im Boden sind mit Ausnahme der Böden der Versuchsanlagen am Standort Reinshof (2003/04) und Stöckendrebber (2003/04) als ausreichend (Gehaltsklasse C) einzustufen. Der Gehalt an Magnesium lag in Stöckendrebber in ausreichender (Gehaltsklasse C), am Reinshof in hoher (Gehaltsklasse C und D) und in Deppoldshausen in sehr hoher (Gehaltsklasse E) Menge im Boden vor (Tab. 2, KTBL 2005, LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER 2003).

Tab. 2: Bodenchemische Kennwerte der Böden an den Untersuchungsstandorten

Standort Jahr	Reinshof		Deppoldshausen		Stöckendrebber	
	2003/04	2004/05	2003/04	2004/05	2003/04	2004/05
C _{org} -C (in % der TM) ¹⁾	1,98	1,66	0,91	1,91	1,22	1,29
N _t (in % der TM) ¹⁾	0,21	0,20	0,093	0,22	0,11	0,13
C/N ¹⁾	9,59	8,31	9,80	8,82	11,55	9,70
Humus (in % der TM) ¹⁾	2,20	2,87	1,57	3,29	2,30	2,22
pH-Wert ²⁾	7,0	7,1	7,3	7,3	5,6	5,7
mg P/100 g TM ³⁾	6 (C) ⁴⁾	7 (C)	5 (C)	5 (C)	2 (A)	6 (C)
mg K/100 g TM ³⁾	12 (C)	11 (C)	23 (D)	14 (C)	9 (C)	9 (C)
mg Mg/100 g TM ²⁾	11 (D)	12 (C)	19 (D)	37 (E)	4 (C)	5 (C)

¹⁾ Bestimmung nach Dumas, ²⁾ in 0,01 M CaCl₂, ³⁾ CAL-Methode (SCHÜLLER 1969, VDLUFA & LWK 2005, Labor Janssen GmbH Gillersheim), ⁴⁾ Gehaltsklassen nach VDLUFA Versorgungsstufen

Die Witterungsdaten wurden überwiegend vom Deutschen Wetterdienst (DWD) herangezogen. Der Standort Reinshof im Süden von Göttingen an der B 27 gelegen, befindet sich in unmittelbarer Nachbarschaft zur Wetterstation Göttingen des Deutschen Wetterdienstes. Vom Standort Stöckendrebber liegt die nächstgelegene Wetterstation Nienburg des Deutschen Wetterdienstes ca. 30 km entfernt. Der Standort Deppoldshausen befindet sich nördlich von Göttingen. Für Stöckendrebber und Deppoldshausen wurden deshalb zusätzlich zur Temperaturerfassung Tinytag-Datalogger (Fa. Spectra, Typ TGU-1500) in 2,00 m Höhe über dem Boden aufgestellt und zur Niederschlagserfassung Hellmannregenschirm (Höhe: 1,00 m) verwendet. Bei den Niederschlagserfassungen mittels Hellmannregenschirm ist es nicht gelungen, die Werte regelmäßig zum Monatsende abzulesen, so dass sich die monatlichen Werte nur bedingt mit den Monatswerten des Deutschen Wetterdienstes vergleichen lassen.

2.1.1 Standort Reinshof

Das etwa 2,5 km südlich von Göttingen gelegene Klostersgut Reinshof wird seit 1980 als Versuchsgut der Universität Göttingen genutzt und verfügt über 238,5 ha Ackerland und 3,2 ha Grünland. Der Reinshof befindet sich in der Leineau in einer Höhenlage von 150 m über NN. Hier sind überwiegend kalkhaltige Auenböden aus Schwemmlöß (Lehme bis tonige Lehme) mit einer durchschnittlichen Ackerzahl von 83 anzutreffen (50 bis 93). Auf dem Reinshof werden 31,5 ha organisch-biologisch nach EG-VO 2092/91/EWG bewirtschaftet, anerkannt im Verband Ökosiegel e.V. seit 1998. Da der Ökosiegel e.V. derzeit nicht aktiv ist, sind die Betriebe inzwischen Mitglied bei Gäa e.V. (ÖKOSIEGEL e.V. 2006). Durchschnittlich fallen hier 645,0 mm Niederschlag im Jahr. Die mittlere Jahres-

temperatur beträgt 8,7 °C (AUGUSTIN et al. 2006). Der Feldversuch wurde innerhalb der langjährig ökologisch bewirtschafteten Flächen im Jahr 2003/04 auf dem Betriebsschlag „Stemmekamp“ und im Jahr 2004/05 auf dem Betriebsschlag „Sauanger“ angelegt. Die Bodenart des Schlages „Stemmekamp“ ist ein schwerer Lehm (LT1AI) mit einer Bodenzahl von 86 und einer Ackerzahl von 89. Hier lagen die Blöcke 1, 2 und 3 lokalisiert. Der 4. östliche Block ist als Lehm (L2AI 89/93) anzusprechen. Beim Schlag „Saueranger“ handelt es sich ebenfalls um einen schweren Lehm (LT1AI) mit einer Bodenzahl von 86 und einer Ackerzahl von 89 (KATASTERAMT GÖTTINGEN 1968).

Die Wintermonate 2003/04 und 2004/05 sind am Standort Reinshof als eher mild zu bezeichnen. Die Temperaturen lagen in den Monaten November 2003 und Januar 2004 leicht sowie im Februar 2004 und Januar 2005 deutlich über denen des langjährigen Mittels (Abb. 2). Ebenfalls wärmer war es in den Monaten April 2004, April 2005 und Juli 2005. Deutlich überdurchschnittlich warm waren die Monate August 2004, September 2005 und Oktober 2005 sowie insbesondere der Monat Juli 2006. Etwas kühler als im langjährigen Mittel waren die Monate Mai und Juli 2004, Februar 2005 sowie Januar, Februar und März 2006 (Abb. 2). Im Mittel waren die Jahre 2004 und 2005 mit 9,0 und 9,2 °C wärmer als im langjährigen Mittel (8,7 °C). Im Januar und Februar 2004 lagen die Niederschläge zum Teil deutlich über dem langjährigen Mittel. In den Monaten März und April 2004 fielen weniger Niederschläge, während in den Monaten Mai, Juli und August 2004 zum Teil sehr hohe Niederschläge zu verzeichnen waren (Abb. 2). Bei den Niederschlägen im Jahr 2005 und 2006 ist festzustellen, dass insbesondere der Juli und August deutlich feuchter waren als in den Jahren davor. Dies behinderte die Erntearbeiten an den drei Standorten mit jeweils einem Hauptversuch und dem Nachfruchtversuch deutlich und führte zu Ernteverzögerungen. Aber auch im November 2004, Januar und Mai 2005 sowie Mai 2006 waren höhere Niederschläge zu verzeichnen. Relativ trocken hingegen waren die Monate Oktober und Dezember 2004, März, April, Juni, September, Oktober, November und Dezember 2005 sowie Januar, April und Juni 2006. Im Jahr 2004 lag die Jahressumme des Niederschlags mit 675,0 mm über dem langjährigen Mittel von 648,3 mm. Die Jahressumme des Niederschlags 2005 fiel mit 584,0 mm geringer aus als das langjährige Mittel.

2.1.2 Standort Deppoldshausen

Der Standort Deppoldshausen wird bereits seit 1990 ökologisch bewirtschaftet. Die Universität Göttingen bewirtschaftet an diesem Standort 149,5 ha Ackerland und 9,8 ha Grünland. Davon werden 95,0 ha ökologisch (VO EWG 2092/91) bewirtschaftet. Deppoldshausen liegt nord-östlich von Göttingen in einer Höhenlage von 330 m über NN. Hier sind überwiegend Muschelkalkverwitterungsböden (tonige Lehme bis Ton) mit einer durchschnittlichen Ackerzahl von 46 anzutreffen (35 bis 62). Durchschnittlich fallen hier ca. 700,0 mm Niederschlag. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 7,7 °C (AUGUSTIN et al. 2006). Der Feldversuch wurde innerhalb der langjährig ökologisch bewirtschafteten Flächen im Jahr 2003/04 auf dem Betriebsschlag „Wolfsacker“ und im Jahr 2004/05 auf dem Betriebsschlag „Im Lehne“ angelegt. Beim Bodentyp handelt es sich um eine flachgründige Rendzina mittlerer Zustandsstufe aus Hangschutt und Kalkstein des Mittleren Muschelkalkes. Der Schlag im Wolfsacker ist seitens der Bodenart als Lehm bzw. Ton anzusprechen (L4V46/40, Block 1 und T5V42/38, Block 2, 3 und 4). Auf dem Schlag im Lehne sind drei leicht unterschiedlich zusammengesetzte Bodenarten innerhalb der Versuchsfläche von 0,92 ha anzutreffen: LT5V46/40; T5V43/38 und T4V46/40 (KATASTERAMT GÖTTINGEN 1994). Um den leicht unterschiedlichen Bodenarten und der leichten Hangneigung Rechnung zu tragen, wurden die Blöcke 1 und 2 der Blockanlage in die westliche Senke und die Blöcke 3 und 4 auf eine leichte Erhöhung platziert.

Die Temperaturen (ermittelt mittels Tinytag-Datalogger) lagen in Deppoldshausen während der Wintermonate 2003/04 und 2004/05 unter denen des Reinshofes. Insbesondere im Dezember 2003, im Januar, Februar, November und Dezember 2004, im Januar, Februar und Dezember 2005 sowie im Januar, Februar und März 2006 fielen die Werte geringer aus als am Reinshof. Der Winter 2005/06 war deutlich kälter als in den beiden Jahren zuvor (Abb. 2). In den Sommermonaten waren die Temperaturen in Deppoldshausen, die mittels Tinytag-Datalogger erfasst wurden, ähnlich hoch wie am Standort Reinshof. Im Mittel lagen die Temperaturen im Jahr 2004 und 2005 mit 8,5 °C und 8,8 °C über dem langjährigen Mittel des Standortes Deppoldshausen (7,7 °C). In Deppoldshausen waren in der Regel höhere Niederschläge zu verzeichnen als am Reinshof. So lagen die Jahressummen des Niederschlags im Jahr 2004 in Deppoldshausen bei 762,3 mm und im Jahr 2005 bei 705,3 mm (eigene Messungen mit Hellmann-Regenmesser).

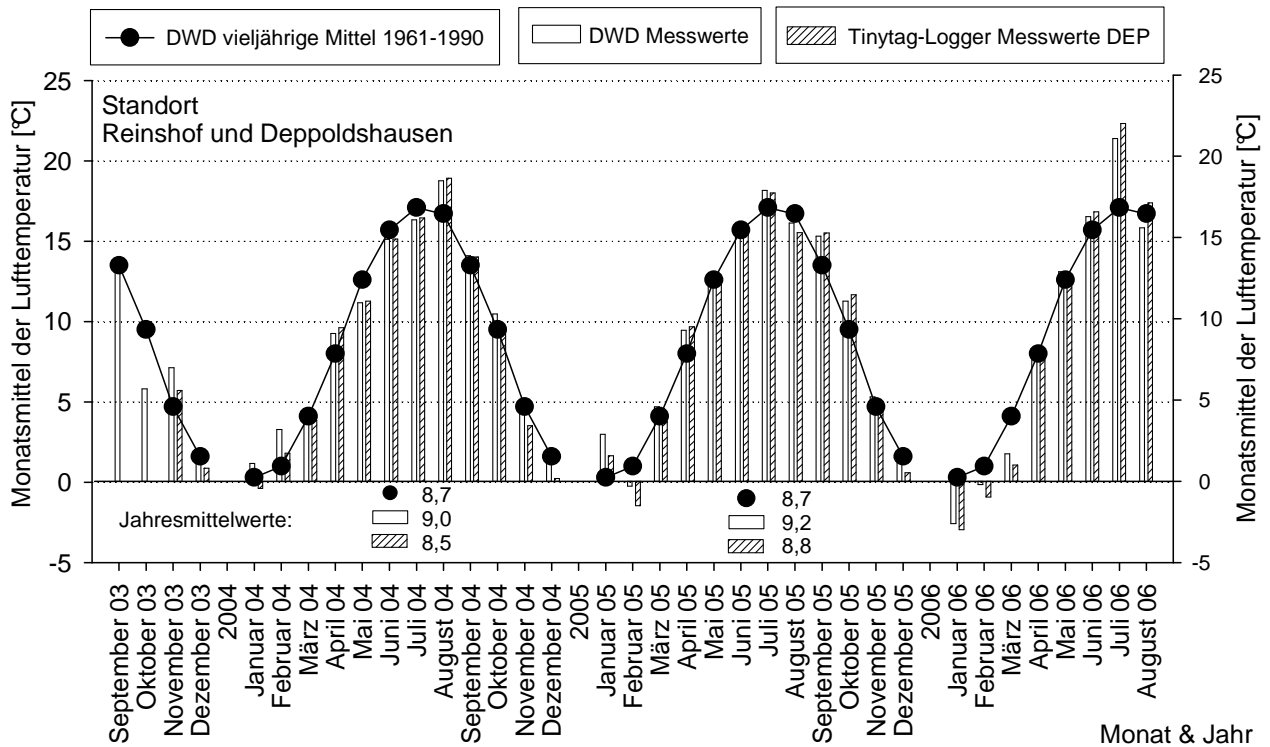
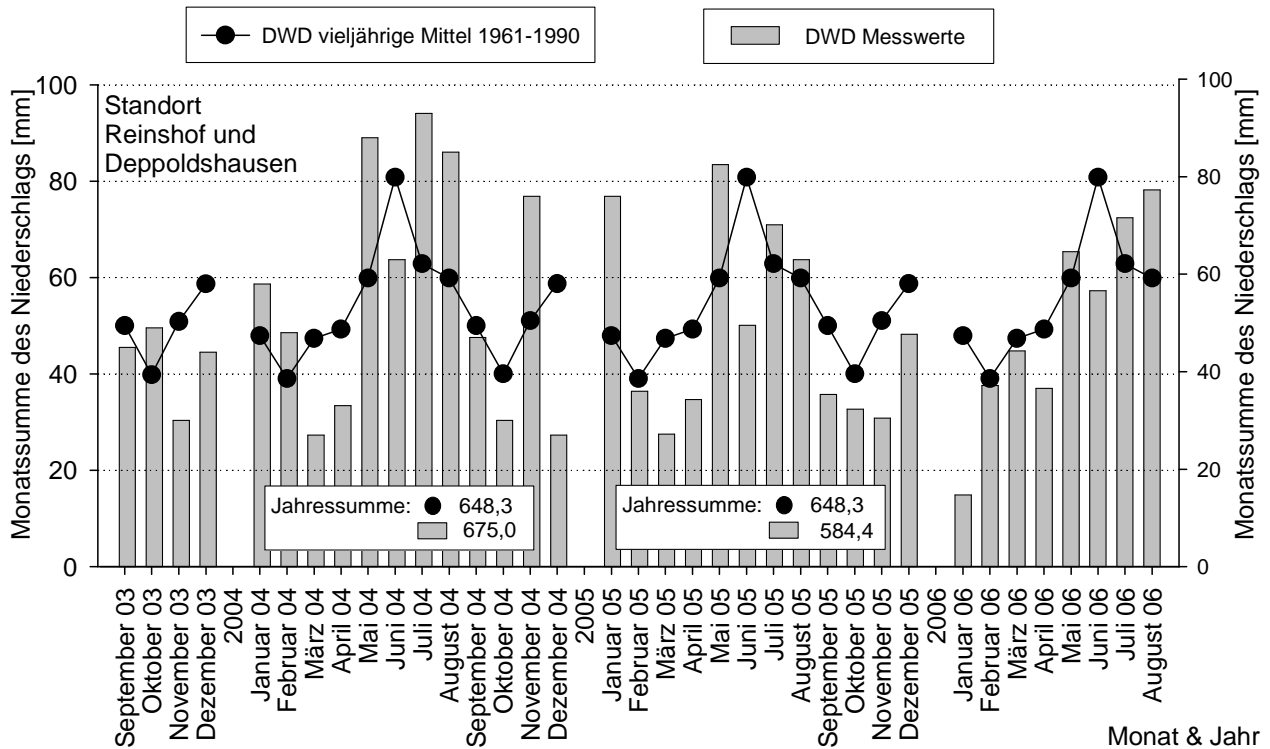


Abb. 2: Monatliche Niederschlagssummen (mm, oben) und Monatsmittel der Lufttemperatur (°C, unten) an den Versuchsstandorten Reinshof und Deppoldshausen (DEP), DWD = Deutsche Wetterdienst Göttingen

2.1.3 Standort Stöckendrebber

Der Betrieb am Standort Stöckendrebber wird seit 1993 nach den Richtlinien des Bioland-Verbandes bewirtschaftet, umfasst 99,0 ha Ackerland und 28,0 ha Grünland und befindet sich in der Leineaue. Nach dem geologischen Alter ist dieser Boden als Alluvialboden oder Schwemmlandboden (AI) aus den jüngsten Ablagerungen in Niederungen einzustufen mit einer 40 bis 50 cm hohen Schwemmlage über reinem Sand. Hier sind überwiegend lehmige Böden (sandige Lehme bis stark sandige Lehme) mit einer durchschnittlichen Ackerzahl von 40 anzutreffen (40 bis 60). Beim Boden handelte es sich auf dem Schlag „Haidgarten“ (Versuchsanlage 2003/04) um einen lehmigen Sand (IS4AI) mit einer Bodenzahl von 39 und einer Ackerzahl von 41. Im zweiten Versuchsjahr auf dem Schlag „Warnkingkoppel“ ist der Boden als stark sandiger Lehm (SL2AI) mit einer Bodenzahl von 59 und einer Ackerzahl von 60 anzusprechen. Die mittels Tinytag-Dataloggers erfassten Temperaturen am Standort Stöckendrebber waren mit denen des Deutschen Wetterdienstes am Standort Nienburg vergleichbar (Abb. 3). Von November 2003 bis April 2004 lagen die Temperaturen über dem langjährigen Mittel. Der Winter 2003/04 war somit deutlich wärmer als im Mittel. Im folgenden Winter 2004/05 waren die Temperaturen von Oktober bis Dezember 2004 etwa gleich hoch wie das langjährige Mittel. Der Januar 2005 war deutlich wärmer, während der Februar 2005 deutlich kühler als im langjährigen Mittel ausfiel. Im Jahr 2004 lagen die Temperaturen der Monate Mai bis Juni im Bereich des langjährigen Mittels, während der August und September deutlich wärmer waren. Im Jahr 2005 lagen die Temperaturen im April, Juli, September und Oktober über dem langjährigen Mittel. Der Monat Juli 2006 war deutlich wärmer als in den Jahren zuvor. Auch am Standort Stöckendrebber zeigen die Daten den kühleren Winter 2005/06 an. So waren insbesondere die Monate Januar bis März 2006 kälter als in den Jahren zuvor (Abb. 3). Das langjährige Jahresmittel für Nienburg beträgt 9,0 °C. Die Jahre 2004 und 2005 lagen in der Summe mit im Mittel 9,8 und 9,7 °C über diesem Mittelwert (Tinytag, eigene Messwerte). Die Summe der Jahresniederschläge lag mit 851,0 und 806,4 mm in den Jahren 2004 und 2005 deutlich über dem langjährigen Mittel von 705,0 mm (+20,7 % und +14,4 %). Insbesondere im Januar und Juli 2004 fielen deutlich mehr Niederschläge als im langjährigen Mittel. Ferner waren die Monate Februar und August bis November 2004 feuchter als im Mittel der Jahre. Im Jahr 2005 waren insbesondere die Monate Januar, Mai, Juli und Dezember feuchter als in den Jahren zuvor. Im März, April und Dezember 2004 sowie März, April und Juni 2005 waren geringere Niederschläge als im langjährigen Mittel zu verzeichnen (Abb. 3).

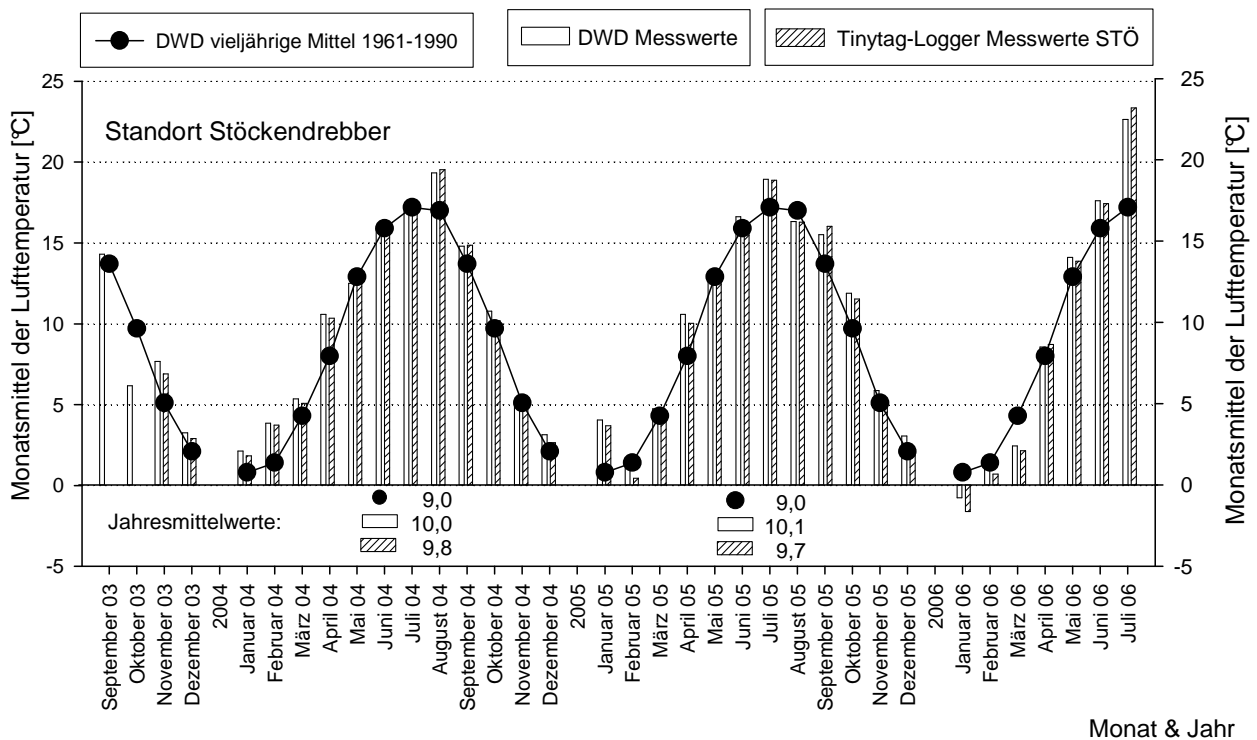
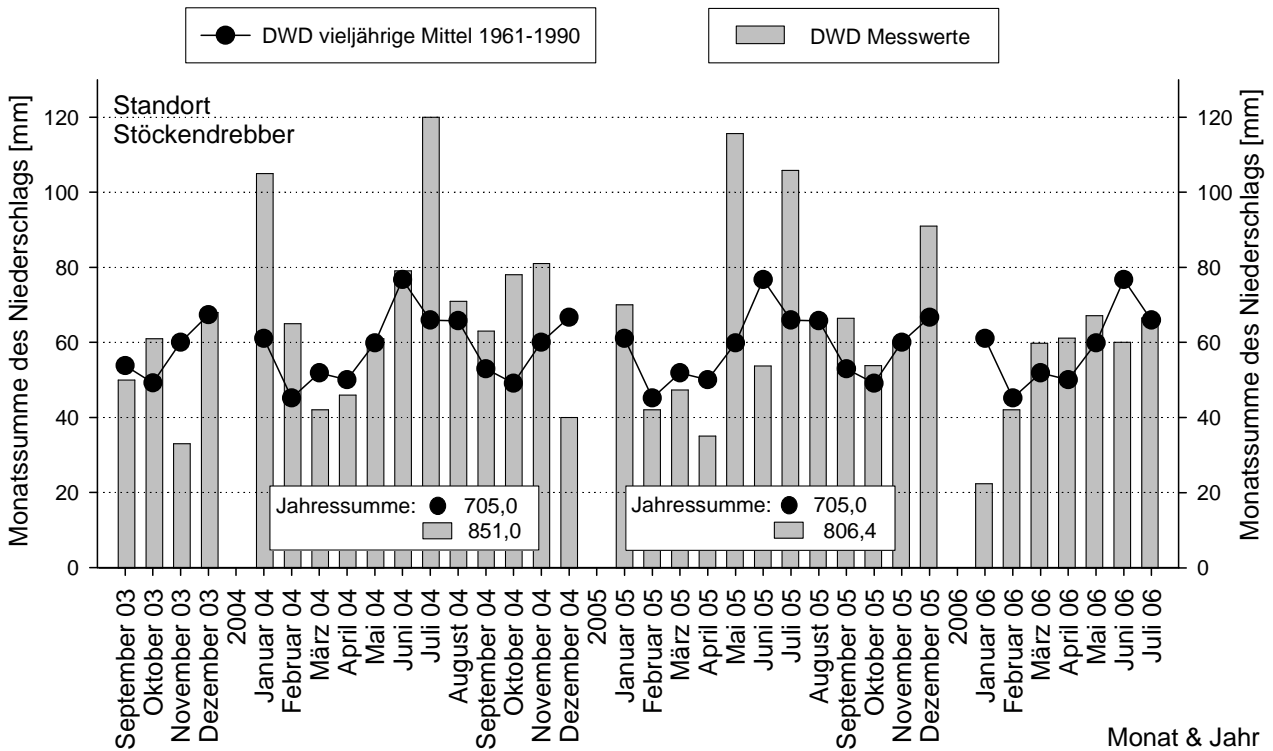


Abb. 3: Monatliche Niederschlagssummen (mm, oben) und Monatsmittel der Lufttemperatur (°C, unten) am Versuchsstandort Stöckendrebber (STÖ), DWD = Deutsche Wetterdienst Nienburg

2.2 Versuchsaufbau

Varianten

Die einzelnen Prüfglieder sind in der Tabelle 3 dargestellt. Der Reihenabstand ergab sich aus der genutzten Versuchstechnik mit einem Scharabstand der Drillmaschine von 15 cm. Der Winterweizen wurde sowohl mit 100 % der üblichen Reinsaatstärke (300 keimfähige Körner/m²) als auch mit 20 % der üblichen Reinsaatstärke (60 keimfähige Körner/m²) in Reinsaat und mit den drei Stufen der Standraumzuteilung (Reihenabstand 15, 30 und 75 cm) angebaut. Die Reinsaatstärken der Körnerleguminosen betragen 30 (Ackerbohne) und 80 (Erbse) keimfähige Körner/m². Die Gemenge wurden als substitutive Gemenge nach DE WIT (1960) und DE WIT et al. (1966) mit 20 % (60 keimfähige Körner/m²) der maximalen Reinsaatstärke des Weizens und 80 % der Reinsaatstärke der Körnerleguminose (Ackerbohne: 24 und Erbse 64 keimfähige Körner/m²) als Reihenmischsaat (mixed intercropping), alternierende Reihen (row intercropping) und als Reihen-Streifen-Gemenge

Tab. 3: Prüfglieder des Feldversuches

Variante	Abkürzung	Anbauform	Art	Reihenabstand cm	Saatstärke	
					keimfähige Körner/m ²	%
1	W15	Reinsaat	Weizen	15	300	100
2	W30	Reinsaat	Weizen	30	300	100
3	W75	Reinsaat	Weizen	75	300	100
4	W ₂₀ 15	Reinsaat	Weizen	15	60	20
5	W ₂₀ 30	Reinsaat	Weizen	30	60	20
6	W ₂₀ 75	Reinsaat	Weizen	75	60	20
7	WA15	Reihenmischsaat	Weizen	15	60	20
			Ackerbohne	15	24	80
8	WA30/30	alternierende Reihen	Weizen	30	60	20
			Ackerbohne	30	24	80
9	WA75/15	Reihen-Streifen-Gemenge	Weizen	75	60	20
			Ackerbohne	15	24	80
10	WE15	Reihenmischsaat	Weizen	15	60	20
			Erbse	15	64	80
11	WE30/30	alternierende Reihen	Weizen	30	60	20
			Erbse	30	64	80
12	WE75/15	Reihen-Streifen-Gemenge	Weizen	75	60	20
			Erbse	15	64	80
13	A15	Reinsaat	Ackerbohne	15	30	100
14	A30	Reinsaat	Ackerbohne	30	30	100
15	E15	Reinsaat	Erbse	15	80	100
16	E30	Reinsaat	Erbse	30	80	100

(row strip intercropping) angelegt. Im Reihen-Streifen-Gemenge hatte der Weizen einen Reihenabstand von 75 cm. Zwischen diesen Weizenreihen befanden sich jeweils vier Reihen der jeweiligen Körnerleguminose mit einem Reihenabstand von 15 cm.

Sorten

Es wurden die Sorten Hiverna (Winterackerbohne), Cheyenne (Wintererbse) und Bussard (Winterweizen) gewählt. Die Sorte Hiverna war zum Zeitpunkt der Versuchsplanung die einzige in der Beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes (BSA 2003) verzeichnete Winterackerbohnenart. Die halbblattlose Wintererbsensorte Cheyenne wurde aus Frankreich bezogen und ist weniger wüchsig und schien somit besser für die Versuchsaufstellung geeignet als die derzeit wieder neu zugelassene vollbeblätterte Wintererbsensorte EFB 33. Sowohl die Sorte Hiverna als auch die Sorte Cheyenne wurden für einen Anbau in Deutschland als eher nicht ausreichend winterhart eingestuft (BOND et al. 1994, GRAß et al. 2005). Die Winterweizensorte Bussard (E-Weizen) ist eine für den ökologischen Landbau gut geeignete Sorte und zeichnet sich durch eine hohe Backqualität aus (BIOLAND MARKT GMBH 2006, LFL 2006).

Saatstärke

Die ausgebrachten Saatstärken (kg ha^{-1}) ergaben sich aus der Tausendkornmasse (TKM in g) und der Keimfähigkeit (Kf.) des Saatgutes (Tab. 4).

Tab. 4: Aussaatstärken der Prüfglieder

Art	Saatstärke		2003/2004			2004/2005		
	%	K^1/m^2	TKM (g)	Kf. (%)	Saatstärke kg ha^{-1}	TKM (g)	Kf. (%)	Saatstärke kg ha^{-1}
Weizen	100	300	41,4	95,0	130,7	40,1	91,3	131,8
	20	60			26,1			26,4
Ackerbohne	100	30	485,0	95,0	153,2	486,5	95,6	152,6
	80	24			122,5			122,1
Erbse	100	80	210,0	93,0	180,6	181,7	98,3	148,0
	80	64			144,5			118,4

¹⁾K = keimfähige Körner

Bei der Nachfrucht Winterroggen (*Secale cereale* L.) wurde die Sorte Hacada mit einer Saatstärke von 300 keimfähigen Körnern je m^2 bei einer Tausendkornmasse von 35,1 und 35,1 g und einer Keimfähigkeit von 89,5 und 91,0 % mit entsprechend 117,6 und 115,7 kg ha^{-1} gesät (2004/05 und 2005/06).

Aussaattermine

Die Aussaat der Feldversuche fand im ersten Versuchsjahr 2003/04 mit einer mechanischen Kastendrillmaschinen D4 Typ 20 Fa. Amazone statt. Die Mischsaaten wurden durch doppelte Überfahrt erzielt, während in den Varianten alternierende Reihen und Reihen-Streifen-Gemenge der Weizen von Hand ausgesät wurden. Im zweiten Versuchsjahr 2004/05 wurde die umgebaute Drillmaschinenkombination (Abb. 1) zur Aussaat der Feldversuche verwendet (Typ Amazone D9). Bei dieser Maschinekombination ist es möglich, nur eine Drillmaschine zu benutzen (hintere Maschine), mit welcher die Aussaat des Winterroggens in den beiden Versuchsjahren 2004/05 und 2005/06 erfolgte. Die Aussaattermine sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Tab. 5: Aussaattermine für die Hauptversuche mit Weizen sowie die Nachfruchtversuche mit Roggen

Standort	Hauptversuch I	Hauptversuch II	Nachfruchtversuch I	Nachfruchtversuch II
Reinshof	20.10.2003	05.10.2004	21.09.2004	11.10.2005
Deppoldshausen	16.10.2003	12.10.2004	20.09.2004	07.10.2005
Stöckendrebber	23./24.10.2003	25./26.10.2004	25.11.2004	10.10.2005

Fruchtfolge/Bodenbearbeitung

Der Hauptversuch am Standort Reinshof war in die Fruchtfolge Klee gras-Winterweizen-Erb sen-Winterroggen-Sommerweizen) im Fruchtfolgef eld Winterroggen eingegliedert worden. In Deppoldshausen wurde der Versuch nach Winterweizen in der betrieblichen Fruchtfolge Klee gras-Winterweizen-Winterroggen eingefügt. In Stöckendrebber stand der Hauptversuch nach Vorfrucht Wechselweizen. Hier ist die betriebsübliche Fruchtfolge: 5 bis 15 % Brache mit Rotklee gras, 70 % Getreideanteil (Weizen in Weiter Reihe), 15 bis 25 % Ackerbohnen. Die Entscheidung über den Anbau der Arten ist laut Betriebsleiteraus sage vom Stickstoffangebot der Untersaaten und der Verunkrautung abhängig. Die Grundbodenbearbeitung erfolgte an allen drei Standorten mit einer wendenden Bodenbearbeitung (Pflug, Arbeitstiefe ca. 25 cm) und anschließender Saatbettbereitung mit einer Kreiselegge (Tab. 6).

Tab. 6: Termine der Bodenbearbeitung für die Hauptversuche mit Weizen sowie die Nachfruchtversuche mit Roggen

Standort	Jahr	Versuch	Arbeitsgänge	Termin
Reinshof	2003/2004	Hauptversuch I	Pflügen	24.09.2003
			Kreiseln	17.10.2003
			Handsaat Weizen ¹⁾	28./30.10.03
	2004/2005	Hauptversuch II	Pflügen	09.09.2004
			Kreiseln	13.09.2004
	2004/2005	Nachfruchtversuch I	Stroh häckseln	08.09.2004
			Fräsen	13.09.2004
			Pflügen	15.09.2004
			Kreiseln	20.09.2004
	2005/2006	Nachfruchtversuch II	Rollegge	Sept. 2005
			Pflügen mit Packer	10.10.2005
			3 × Kreiseln	10./11.10.05
Deppoldshausen	2003/2004	Hauptversuch I	Pflügen	25.09.2003
			3 × Kreiseln	08./14.10.03
			Handsaat Weizen ¹⁾	21.10./15.11.03
	2004/2005	Hauptversuch II	Scheibenegge	06.09.2004
			Rollegge	08.09.2004
			Pflügen	13.09.2004
			3 × Kreiseln	15./16.09.04
	2004/2005	Nachfruchtversuch I	Stroh häckseln	08.09.2004
			Rollegge	08.09.2004
			Pflügen	13.09.2004
			3 × Kreiseln	15./16.09.04
	2005/2006	Nachfruchtversuch II	Rollegge	Sept. 2005
Pflügen mit Packer			22.09.2005	
3 × Kreiseln			06./07.10.05	
Stöckendrebber	2003/2004	Hauptversuch I	Grubbern	Sept. 2003
			Pflügen	22./23.10.03
			Kreiseln	23.10.2003
			Handsaat Weizen ¹⁾	29.10.2003
	2004/2005	Hauptversuch II	Grubbern	Sept. 2004
			Pflügen	24.10.2004
			Kreiseln	25.10.2004
	2004/2005	Nachfruchtversuch I	Pflügen	25.11.2004
	2005/2006	Nachfruchtversuch II	2 × Scheibenegge	01.09./20.09.05
			Pflügen	05.10.2005

¹⁾ nur Gemengevarianten: WA30/30, WA75/15, WE30/30 und WE75/15, Termin: Beginn/Ende Handsaat

Versuchspläne

Die Feldversuche wurden als randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Daraus ergaben sich je Versuch $16 \times 4 = 64$ Parzellen. Aufgrund der Größe der Parzellen (je $5 \text{ m} \times 13 \text{ m}$) und damit der Größe der Anlage (je 0,7 bis ca. 1 ha pro Standort und Jahr) konnten die einzelnen Blöcke der Versuchsanlage häufig nicht direkt hintereinander angeordnet werden (Anhang Abb. A I bis A VI).

2.3 Durchführung der Feldversuche (Probenahme, Aufbereitung, Lagerung)

Feldaufgang und Winterüberlebensfähigkeit der Körnerleguminosen

Im ersten Versuchsjahr 2003/2004 konnten an allen Standorten Aufnahmen zur Erfassung des Feldaufganges (bis Januar 2004) und der Winterüberlebensfähigkeit der Körnerleguminosen (bis April 2004) durchgeführt werden. Die Witterung im zweiten Versuchsjahr 2004/2005 ließen die Erfassung der Pflanzenbestände auf dem Feld nicht zu (zu nass oder Schnee bedeckt). Deshalb wurde eine Zählung der Pflanzen zum ersten Erntetermin durch Ausgraben aller Pflanzen der zu beerntenden Kleinteilfläche vorgenommen.

Bestandesführung

Es wurden regelmäßige die Witterungsdaten (Stöckendrebber, Deppoldshausen) mittels Tinytag-Datalogger und Hellmannregenschreiber) erfasst. Darüber hinaus wurden die Entwicklungsstadien (BBCH-Stadien) der Pflanzen bonitiert. Zur Ermittlung der Lagerneigung der Erbsen und dem Wachstumsverlauf der Bestände wurde ab Mai 2004 und 2005 bis zur Endernte wöchentlich die Höhe der Bestände mittels Zollstock vermessen. In den Parzellen mit Ackerbohne wurden Blattauffangkörbe zur Ermittlung der Trockenmasse und des N-Gehaltes in den abgefallenen Blättern aufgestellt und zur Endernte geleert.

Beikrautregulierung

An allen Standorten wurde eine Unkrautbekämpfung mit einer Rollhacke zwischen den Reihen als auch mittels Handhacke durchgeführt. Es wurden insbesondere die Kleinteilflächen für die Beerntung weitgehend unkrautfrei gehalten. Die häufigsten aufgetretenen Unkrautarten/Ungräser an den drei Standorten waren:

Reinshof: Klettenlabkraut (*Galium aparine* L.), Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), Kohlgänsedistel (*Sonchus oleraceus* L.), Knötericharten (*Polygonum* spp.), Ehrenpreisarten (*Veronica* spp.), Ackerstiefmütterchen (*Viola arvensis* Murray), Rote Taubnessel (*Lamium purpureum* L.), Vogelmiere (*Stellaria media* (L.) Vill.), Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides* Huds.)

Deppoldshausen: Flughafer (*Avena fatua* L., insbesondere im Jahr 2004), Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides* Huds.), Gemeine Quecke (*Elymus repens* (L.) Beauv.), Klettenlabkraut (*Galium aparine* L.), Ackerhellerkraut (*Thlaspi arvense* L.), Geruchlose Kamille (*Matricaria inodora* L.), Ehrenpreisarten (*Veronica* spp.), Rote Taubnessel (*Lamium purpureum* L.), Breitblättrige Wolfsmilch (*Euphorbia platyphyllos* L.)

Stöckendrebber: Ackerschmalwand (*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., insbesondere im Jahr 2004), Geruchlose Kamille (*Matricaria inodora* L.), Knötericharten (*Polygonum* ssp.), Ehrenpreisarten (*Veronica* ssp.), Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), Hirtentäschelkraut (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medicus), Klatschmohn (*Papaver rhoeas* (L.), Ackerstiefmütterchen (*Viola arvensis* Murray), Ackervergissmeinnicht (*Myosotis arvensis* (L.) Hill).

Schaderreger

Der Hauptversuch wurde in beiden Jahren auf allen Standorten zum Schutz vor Wildtieren eingezäunt. Am Standort Stöckendrebber wurde zusätzlich Strom zur Abwehr von Großwild (insbesondere Wildschweine) verlegt (Weidezaungerät Fa. Gallagher, Typ B260). Auf den Einsatz eines greifvogelsimulierenden Flugdrachens zur Abwehr von Vögeln wurde verzichtet, da diese Methode vor allem Tauben abschreckt, die als Schädlinge nicht auftraten. Vielmehr traten Krähen am Standort Reinshof und Mäuse in Stöckendrebber auf, die mittels Ablenkfütterung wirkungsvoll vom Versuch ferngehalten wurden (Reinshof).

Im Mai 2004 und 2005 wurden Leimlockstofffallen (Pheromonfallen, 2 Fallen pro Standort, Fa. Trifolio-M, Lockstofffalle) zur Überwachung des Zufluges des Erbsenwicklers aufgestellt und regelmäßig bonitiert sowie die Leimfläche erneuert. Der Zuflug wurde aufgrund der langen Blütezeit der Wintererbsen bis Juli erfasst, so dass eine Auswechslung des Dispensers (nach ca. 4 Wochen) erforderlich wurde.

Am Standort Stöckendrebber wurden im Jahr 2003/04 Bodenproben hinsichtlich des Vorkommens pflanzenparasitärer Nematoden untersucht und verschiedene Arten insbesondere *Pratylenchus* spp. nachgewiesen (HALLMANN 2004). Im zweiten Versuchsjahr 2004/05 wurde deshalb der Hauptversuch auf einem Feldstück mit vorheriger Zwischenfrucht Tagetes angelegt. Tagetes gilt als Feindpflanze für einige Nematodenarten (ARNDT 2001). Am Standort Reinshof war im zweiten Versuchsjahr 2004/05 der Befall mit der Grünen Erbsenblattlaus (*Acyrtosiphon pisum* Harris) und deren Übertragung des Scharfen Adermosaikvirus (pea enation mosaic virus, PEMV) zu verzeichnen. Der Befall war zum Zeitpunkt der Bonitur schon zu weit fortgeschritten, so dass eine Pflanzenschutzmaßnahme nicht mehr durchgeführt wurde.

Beerntungen

Die Beerntungen der Kleinteilflächen richteten sich nach dem BBCH-Stadium des Weizens. Es erfolgte das Schneiden der oberirdischen Pflanzenmassen in den Kleinteilflächen (10 Reihen × 0,15 m Reihenabstand oder 5 Reihen × 0,30 m Reihenabstand bzw. 2 Rei-

hen \times 0,75 cm Reihenabstand auf einer Länge von 1,50 m, d. h. es wurde stets eine Fläche von 1,50 m \times 1,50 m = 2,25 m² beerntet). Zur Endernte konnte beobachtet werden, dass sich die Winterkörnerleguminosen in den Gemengen etwas dem Weizen in der Reife anpassten. Allerdings war die Erbse früher reif (in Reinsaat etwa 10 Tage) als der Weizen. Die Ackerbohne passte etwas besser mit dem Weizen im Abreifeverhalten zusammen, aber sie war tendenziell später druschreif (in Reinsaat ca. 7 Tage). Tabelle 7 gibt Auskunft über die Beerntungstermine an den drei Standorten.

Tab. 7: Zeitpunkt der Beerntungen der Kleinteilflächen anhand der BBCH-Stadien 25 (Bestockung), 65 (Blüte) und 89 (Reife) des Weizens im Hauptversuch sowie der Nachfrucht Winterroggen

Standort	1. Ernte	2. Ernte	3. Ernte	BBCH 89
	BBCH 25	BBCH 65	BBCH 89	
	Hauptversuch I			Nachfruchtversuch I
Reinshof	05.04.04	14.06.04	16.08.04	09.08.05
Deppoldshausen	20.04.04	28.06.04	23.08.04	18.08.05
Stöckendrebber	29.03.04	07.06.04	02.08.04	02.08.05
	Hauptversuch II			Nachfruchtversuch II
Reinshof	11.04.05	20.06.05	08.08.05	14.08.06
Deppoldshausen	03.05.05	28.06.05	22.08.05	22.08.06
Stöckendrebber	04.04.05	13.06.05	03.08.05	02.08.06

Zur Endernte wurde zusätzlich zur Beerntung der Kleinteilflächen ein Parzellendrusch mit den Parzellendrillmaschinen Wintersteiger classic (1,75 m Schnittbreite \times ca. 13,0 m Parzellenlänge = 22,8 m², Standorte Reinshof und Deppoldshausen) und Hege 125C (Schnittbreite 1,50 m \times ca. 13,0 m Parzellenlänge = 19,5 m², Standort Stöckendrebber) vorgenommen, um den maschinell erntbaren Ertrag bei üblichen Druschbedingungen und die Druscheigenschaften der Gemenge zu erfassen.

Bodenprobenahme

Des Weiteren erfolgte zu allen Terminen die Bodenprobeentnahme in den Kleinteilflächen zur Bestimmung des Gehalts an mineralischem Stickstoff (N_{\min} -Menge 0 bis 1,20 m in vier Tiefenstufen á 30 cm). Die N_{\min} -Probenahme im Feld erfolgte mittels halbautomatischer Probenahme-Vorrichtung (Typ Niefeld: Pürckhauer-Bohrstöcke mit Schlaghammer (Fa. Hilti). Hierbei wurden vier Einstiche je Probenahmeort zu einer Probe zusammengefasst. Die Einstiche erfolgten grundsätzlich auf den Reihen. War eine Reihe nicht besetzt, wurde diese nicht besetzte Reihe zur Beprobung genutzt. Es wurden bis zu 12 Einstiche je Parzelle in den Varianten mit 75 cm Reihenabstand des Weizens vorgenommen (2 \times 2 auf

den Weizenreihen „Ort A“, 2 × 2 auf den an die Weizenreihe direkt angrenzende Reihen „Ort B“ und 2 × 2 auf den weiter entfernten Reihen „Ort C“; Abb. 4). Die Bodenproben wurden anschließend sofort homogenisiert (Labormühle System Weihenstephan, Fa. Fritzmeier) und bei -18,0 °C tiefgefroren.

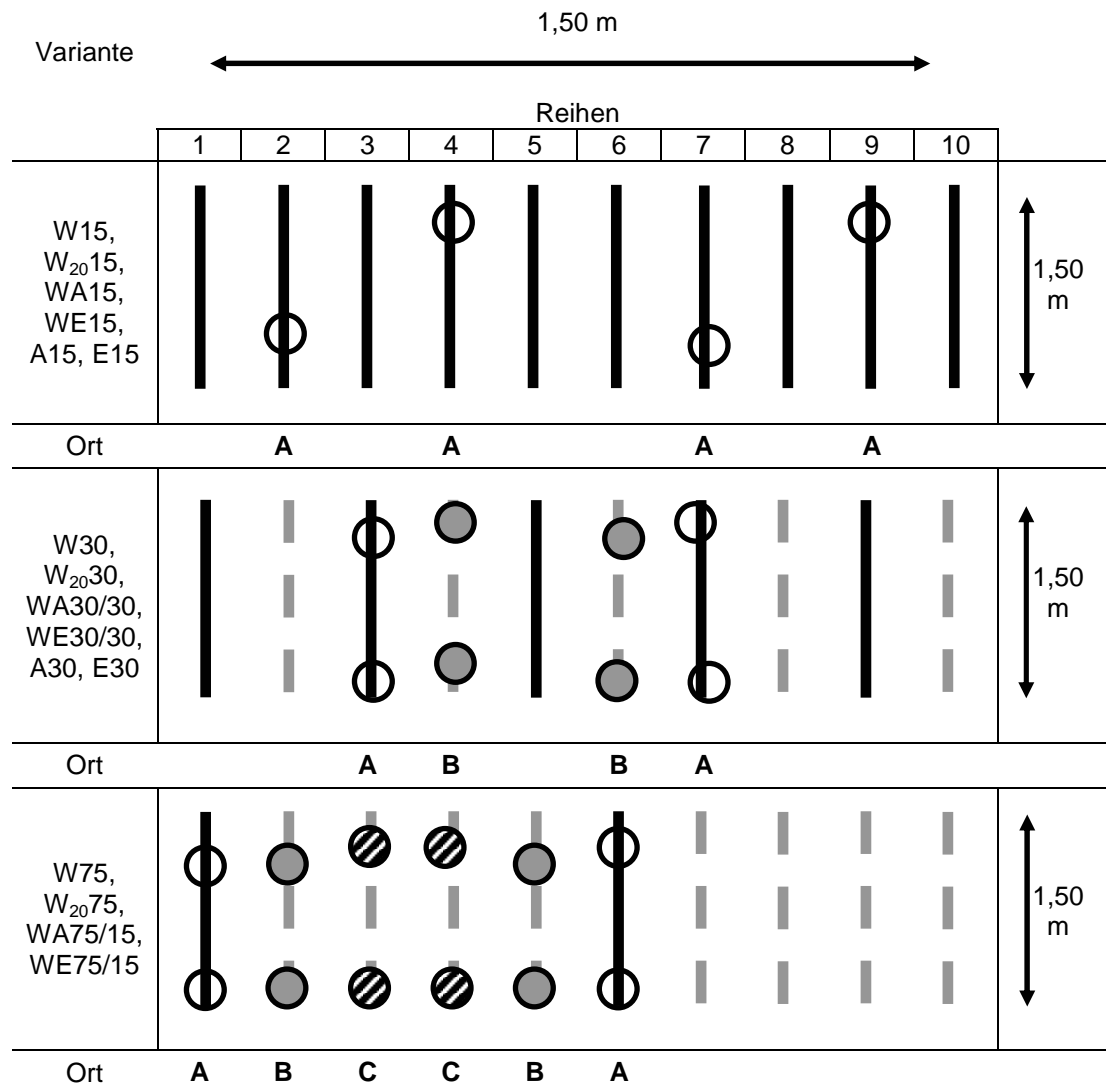


Abb. 4: Anordnung der Einstiche zur N_{min}-Beprobung in den einzelnen Varianten innerhalb des Areals der Teilflächenbearbeitungen

Aufarbeitung der Pflanzenproben zur Analyse

Die Schnittgutmassen der Kleinteilflächenbearbeitungen wurden nach Bestandekomponenten (Körnerleguminose, Weizen und Beikräuter) von Hand sortiert. Die Frischmassen des Schnittgutes der Bestandekomponenten wurden mit einer Pflanzenwaage (Fa. Satorius; Typ BP 34000 P, ± 0,1 g) gewogen. Anschließend erfolgte die Zerkleinerung der Materialien mit einem Laborprobenhäsler (Fa. Walter & Wintersteiger, Typ LH 120 System Weihenstephan). Bei der Ernte wurden zuvor die Ähren des Weizens sowie die Hülsen der

Körnerleguminosen entfernt. Die Ähren und Hülsen wurden zur Ermittlung der Ertragsparameter gezählt. Bei den Körnerleguminosen wurden zusätzlich soweit möglich die Stängel gezählt. Das Dreschen der Ähren und Hülsen erfolgte im Anschluss mittels eines Laborstanddresches (Fa. Saatmeister Kurt Pelz, Typ Alledrescher K 21). Während die Spreu des Weizens und die Hülsen der Leguminosen der Fraktion „Stroh“ zugeführt wurden, wurden die ausgedroschenen Körner ebenfalls als Gesamtfrischmasse gewogen. Von den Gesamtfrischmassen aller Bestandekomponenten wurden Aliquote auf einer Feinwaage (Fa. Satorius, Typ TE 1502 S, $\pm 0,01$ g) eingewogen und bei 60 °C für 48 h in einem Trockenschrank (Fa. Memmert, Typ ULE/ULM 800) für die Inhaltsstoffanalyse (C/N-Gehalt, $\delta^{15}\text{N}$ -Wert) getrocknet. Zur Ermittlung des Restfeuchtegehaltes wurden Teilproben des bereits bei 60 °C getrockneten Materials für weitere 24 h bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Die Proben zur Inhaltsstoffanalyse (60 °C) wurden mit einer Ultrazentrifugalmühle (Fa. Retsch, Typ ZM 100) auf $\leq 0,20$ mm vermahlen. Nach Zwischenlagerung in PE-Behältern wurden die Proben mittels einer Laborwaage (Fa. Satorius, Typ M2P micro, $\pm 0,001$ mg) in Zinnkapseln eingewogen. Die Untersuchungen zur Höhe der Anteile der stabilen Stickstoff-Isotope ^{15}N und ^{14}N durch Massenspektrometrie wurden vom Kompetenzzentrum für stabile Isotope (KOSI) der Universität Göttingen durchgeführt. Bei den Proben „Beikraut“ und „Winterroggen“ wurden die Gesamtstickstoffmengen im Pflanzenmaterial mittels eines C/N-Elementaranalysators (Fa. Elementar, Typ Vario EL) bestimmt. Von den Aliquoten, welche bis zur Gewichtskonstanz bei 105 °C weitergetrocknet wurden, konnte die Tausendkornmasse durch Auszählung und Wägung von 100 Körnern (vierfache Wiederholung) erfasst werden.

Die Proben aus dem Parzellendrusch wurden mit einer Saatgutreinigungsanlage (Fa. Röber, seit 1995 Samatec, Typ Mini-Petkus 100) gereinigt und getrennt (Gemenge). Es wurden Gesamtkornmasse, absolute Trockenmasse und Tausendkornmasse bestimmt. Darüber hinaus wurde an 20 zufällig ausgewählten Weizenpflanzen pro Parzelle der Abstand zwischen Fahnenblatt (Ansatz der Spreite am Stängel) und Anfang der Ähre vermessen. Die Länge der Ähre wurde an diesen Pflanzen ebenfalls bestimmt.

Neben der Bestimmung des Zufluges des Erbsenwicklers mittels Pheromonfallen wurde zur Endernte der Befall an 100 Erbsenhülsen und das Gewicht befallener und nicht befallener Körner bestimmt (nach EPPO-Richtlinie PP 1/175(2) 2000).

2.4 Analysen und Berechnungen

2.4.1 Stickstoffbestimmungen in der Pflanze

Verwendete Methoden zur Schätzung der N₂-Fixierleistung

a) $\delta^{15}\text{N}$ -Methode (natural ^{15}N abundance method)

Die Schätzung der symbiotischen Stickstoffierleistung der Körnerleguminosen erfolgte an den Standorten Reinshof und Deppoldshausen in den Jahren 2004 und 2005 sowie am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005 mit der $\delta^{15}\text{N}$ -Methode (SHEARER & KOHL 1986). Hierbei bedient man sich der unterschiedlichen Häufigkeit zweier natürlich vorkommender stabilen nicht-radioaktiven Isotope ^{14}N und ^{15}N . Während in der Luft weltweit das Verhältnis von ^{14}N zu ^{15}N als konstant angesehen wird (MARIOTTI 1983), sind die Böden in der Regel aufgrund von Isotopendiskriminierung mit dem ^{15}N -Isotop leicht angereichert (SHEARER & KOHL 1986). Das Isotopenverhältnis ^{14}N zu ^{15}N wird als Standard Luft mit 0,3663 atom % ^{15}N angegeben (JUNK & SVEC 1958). Das Verhältnis ^{14}N zu ^{15}N in den Proben wird als $\delta^{15}\text{N}$ bezeichnet, das entspricht einem tausendstel atom % ^{15}N -Abweichung vom Standard Luft und trägt die Einheit Promille (‰). Die Berechnung des $\delta^{15}\text{N}$ -Wertes erfolgt nach SHEARER & KOHL (1986) anhand der Gleichung 1:

$$\delta^{15}\text{N} = \frac{\text{atom\% } ^{15}\text{N}(\text{Probe}) - \text{atom\% } ^{15}\text{N}(\text{Standard Luft})}{\text{atom\% } ^{15}\text{N}(\text{Standard Luft})} * 1000 \text{‰ } ^{15}\text{N} \quad (1)$$

Der Gesamtstickstoffvorrat eines Bodens weist auf vielen Standorten einen $\delta^{15}\text{N}$ -Wert zwischen + 3,0 ‰ und + 9,4 ‰ auf (SCHMIDTKE 1997a). Der $\delta^{15}\text{N}$ -Wert im Boden bzw. der Referenzpflanze, welche den Bodenwert widerspiegelt (Nichtleguminose), muss signifikant vom $\delta^{15}\text{N}$ -Wert der Luft (= 0 ‰ $\delta^{15}\text{N}$) abweichen, um eine genaue Schätzung der N₂-Fixierleistung zu gewährleisten (LEDGARD & PEOPLES 1988). Die Differenz sollte mehr als 5 ‰ $\delta^{15}\text{N}$ betragen (LEDGARD et al. 1985). Am Standort Reinshof war diese Voraussetzung erfüllt, die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte lagen hier in Vorversuchen bei 4,61 bis 5,53 ‰ (SCHMIDTKE et al. 2004). Am Standort Deppoldshausen und Stöckendrebber wurden zu Beginn der Untersuchungen Proben von nichtlegumen Referenzpflanzen (Beikräuter und Getreidestoppelreste) entnommen und die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte für den pflanzenverfügbaren Bodenstickstoff bestimmt. Die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte des Bodens lagen zwischen 2,75 und 3,04 ‰ am Standort Deppoldshausen und zwischen 0,92 und 2,31 ‰ am Standort Stöckendrebber und waren

damit zu gering. Für Stöckendrebber wurde deshalb auf eine andere Methode zur Schätzung der symbiotischen Stickstofffixierung zurückgegriffen (Erweiterte Differenzmethode).

Aus den $\delta^{15}\text{N}$ -Werten der Körnerleguminosen und einer nicht nodulierten Referenzpflanze, die gleichzeitig mit der Körnerleguminose gewachsen ist und den Bodenwert widerspiegelt (Weizen), können die geringen Unterschiede im Isotopenverhältnis genutzt werden, um daraus den Anteil des symbiotisch fixierten Stickstoffes zu bestimmen (Ndfa, **Nitrogen derived from the atmosphere**). Nach SHEARER & KOHL (1986) berechnet sich der Ndfa-Wert anhand Gleichung 2:

$$\text{Ndfa [\%]} = \frac{\delta^{15}\text{N}_W - \delta^{15}\text{N}_{A/E}}{\delta^{15}\text{N}_W - \delta^{15}\text{N}_0} * 100 \quad (2)$$

$\delta^{15}\text{N}_W$ = $\delta^{15}\text{N}$ -Wert im Spross des Weizens

$\delta^{15}\text{N}_{A/E}$ = $\delta^{15}\text{N}$ -Wert im Spross der Ackerbohne oder Erbse

$\delta^{15}\text{N}_0$ = $\delta^{15}\text{N}$ -Wert im Spross der N-frei angezogenen Ackerbohne oder Erbse
(gewogene Mittelwerte)

Zur Berücksichtigung der artenspezifischen Isotopendiskriminierung ($\delta^{15}\text{N}_0$) wurden N-freie Anzuchten der Ackerbohne und der Erbse zu je fünf Mitscherlich-Gefäßen im Gewächshaus auf Vermiculit-Perlit durchgeführt. Die Töpfe wurden mit N-freier Nährlösung versorgt und mit destilliertem Wasser gegossen. Nach der Sterilisation der Samen wurden die Leguminosen mit artenspezifischen Rhizobien beimpft (Erbse: *Rhizobium leguminosarum*, Stamm ATCC 30132, Fa. DSMZ; Ackerbohne: *Rhizobium leguminosarum*, Stamm ATCC 6044, Fa. DSMZ). Es ergab sich für die Ackerbohne ein Wert von $\delta^{15}\text{N}_{0A} = -0,3903$ ‰ und für die Erbse ein Wert von $\delta^{15}\text{N}_{0E} = -0,2870$ ‰ als Korrekturfaktoren.

Die Höhe der N_2 -Fixierleistung in kg ha^{-1} (N_2fix) ergibt sich aus dem fixierten Anteil aus der Luft (Ndfa) und dem Gesamt-N-Gehalt im Spross der Leguminose (N_{SL}) (Gleichung 3):

$$\text{N}_2\text{fix} [\text{kg ha}^{-1}] = \frac{\text{Ndfa [\%]} * \text{N}_{\text{SL}} [\text{kg ha}^{-1}]}{100} \quad (3)$$

b) Erweiterte Differenzmethode (N difference method)

Die Anreicherung der Böden am Standort Stöckendrebber reichte im Jahr 2004 nicht aus, um die $\delta^{15}\text{N}$ -Methode anwenden zu können. Möglicherweise haben die frohwüchsigen Kleeuntersaaten im Getreide in den Jahren vor Versuchsanlage den $\delta^{15}\text{N}$ Vorrat im Boden relativ zum ^{14}N abgereichert. Bei futterbaulichen Gemengen werden die Schätzergebnisse der N_2 -Fixierleistung mittels Differenzmethode als deutlich ungenauer angesehen als die der Schätzung mittels $\delta^{15}\text{N}$ -Methode. SCHMIDTKE (1997a) diskutiert dies ausführlich (S. 147-150). Allerdings weist er auch darauf hin, dass bei Körnerleguminosen (Sommerformen) die Schätzergebnisse beider Methoden weniger voneinander abweichen, möglicherweise aufgrund der kürzeren Vegetationszeit. Bei der Differenzmethode werden die Unterschiede im N-Haushalt von Boden und Pflanze zwischen einer Leguminose und einer nichtlegumigen Referenzfrucht berechnet. Verschiedene Erweiterungsstufen sollen die tatsächliche N_2 -Fixierleistung genauer schätzen (Gleichungen 4, 5, 6 und 7):

1. Erweiterungsstufe (einfache Differenzmethode) nach YONEYAMA et al. (1990):

$$N_{\text{SL}} - N_{\text{SN}} = N_{2\text{fix}} [\text{kg ha}^{-1}] \quad (4)$$

N_{SL} = N-Menge im Spross der Leguminose [kg ha^{-1}]

N_{SN} = N-Menge im Spross der Nichtleguminose/Referenzpflanze [kg ha^{-1}]

2. Erweiterungsstufe nach STÜLPNAGEL (1982):

$$(N_{\text{SL}} - N_{\text{SN}}) + (N_{\text{min L}} - N_{\text{min N}}) = N_{2\text{fix}} [\text{kg ha}^{-1}] \quad (5)$$

N_{SL} = N-Menge im Spross der Leguminose [kg ha^{-1}]

N_{SN} = N-Menge im Spross der Nichtleguminose/Referenzpflanze [kg ha^{-1}]

$N_{\text{min L}}$ = N_{min} -Vorrat im Boden unter der Leguminose [kg ha^{-1}]

$N_{\text{min N}}$ = N_{min} -Vorrat im Boden unter der Nichtleguminose/Referenzfrucht [kg ha^{-1}]

3. Erweiterungsstufe nach HAUSER (1987):

$$((N_{\text{SL}} + N_{\text{BL}}) - (N_{\text{SN}} + N_{\text{BN}})) + (N_{\text{min L}} - N_{\text{min N}}) = N_{2\text{fix}} [\text{kg ha}^{-1}] \quad (6)$$

N_{SL} = N-Menge im Spross der Leguminose [kg ha^{-1}]

N_{SN} = N-Menge im Spross der Nichtleguminose/Referenzpflanze [kg ha^{-1}]

$N_{\min L}$ = N_{\min} -Vorrat im Boden unter der Leguminose [kg ha^{-1}]

$N_{\min N}$ = N_{\min} -Vorrat im Boden unter der Nichtleguminose/Referenzfrucht [kg ha^{-1}]

N_{BL} = N-Menge im Bestandesabfall der Leguminose [kg ha^{-1}]

N_{BN} = N-Menge im Bestandesabfall der Nichtleguminose [kg ha^{-1}]

4. Erweiterungsstufe nach HAUSER (1987):

$$((N_{SL} + N_{BL} + N_{WL}) - (N_{SN} + N_{BN} + N_{WN})) + (N_{\min L} - N_{\min N}) = N_{2\text{fix}} [\text{kg ha}^{-1}] \quad (7)$$

N_{SL} = N-Menge im Spross der Leguminose [kg ha^{-1}]

N_{SN} = N-Menge im Spross der Nichtleguminose/Referenzpflanze [kg ha^{-1}]

$N_{\min L}$ = N_{\min} -Vorrat im Boden unter der Leguminose [kg ha^{-1}]

$N_{\min N}$ = N_{\min} -Vorrat im Boden unter der Nichtleguminose/Referenzfrucht [kg ha^{-1}]

N_{BL} = N-Menge im Bestandesabfall der Leguminose [kg ha^{-1}]

N_{BN} = N-Menge im Bestandesabfall der Nichtleguminose [kg ha^{-1}]

N_{WL} = N-Menge in den Wurzeln und Knöllchen der Leguminose [kg ha^{-1}]

N_{WN} = N-Menge in den Wurzeln der Nichtleguminose [kg ha^{-1}]

Im vorliegenden Versuch wurden die N-Gehalte im Bestandesabfall und in den Wurzeln nicht ermittelt, sodass die N_2 -Fixierleistung nur bis zur zweiten Erweiterungsstufe (STÜLP-NAGEL 1982) geschätzt wurde.

Der Anteil Stickstoff aus der Luft (N_{dfa}) ergibt sich hierbei als prozentualer Anteil $N_{2\text{fix}}$ bezogen auf die Gesamt-N-Menge im Spross der Leguminose (Gleichung 8):

$$N_{dfa} [\%] = \frac{N_{2\text{fix}} [\text{kg ha}^{-1}]}{N_{SL} [\text{kg ha}^{-1}]} * 100 \quad (8)$$

Die Höhe des Anteils des von der Leguminose aufgenommenen bodenbürtigen Stickstoffs (N_{dfs} = **N**itrogen **d**erived **f**rom **s**oil) errechnet sich aus der Differenz von 100 und N_{dfa} %.

N-Bilanzen

Der vereinfachte Flächenbilanzsaldo errechnet sich aus der Gleichung 9 (SCHMIDTKE 1996):

$$\begin{aligned} \text{Saldo} &= \text{Zufuhr} - \text{Abfuhr} \\ S \text{ [kg ha}^{-1}] &= N_{2\text{fix}} - N_{\text{SL}} \end{aligned} \quad (9)$$

N-Transfer

Um einen N-Transfer des symbiotisch fixierten Stickstoffs von der Leguminose zur Nichtleguminose mittels der $\delta^{15}\text{N}$ -Methode nachzuweisen, muss der $\delta^{15}\text{N}$ -Wert des nichtleguminösen Gemegepartners signifikant geringer sein als der $\delta^{15}\text{N}$ -Wert der Nichtleguminose in Reinsaat. Dabei wird in Gleichung 10 analog zur Gleichung 2 zur Berechnung des Ndfa-Wertes verfahren, wobei der $\delta^{15}\text{N}$ -Wert der Leguminose durch den $\delta^{15}\text{N}$ -Wert der Nichtleguminose im Gemenge ersetzt wird:

$$N_{\text{trans}} [\%] = \frac{(\delta^{15}\text{N}_{\text{WR}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{WG}})}{(\delta^{15}\text{N}_{\text{WR}} - \delta^{15}\text{N}_0)} * 100 \quad (10)$$

$\delta^{15}\text{N}_{\text{WR}}$ = $\delta^{15}\text{N}$ -Wert im Spross des Weizens in Reinsaat

$\delta^{15}\text{N}_{\text{WG}}$ = $\delta^{15}\text{N}$ -Wert im Spross des Weizens im Gemenge mit Ackerbohne oder Erbse

$\delta^{15}\text{N}_0$ = $\delta^{15}\text{N}$ -Wert im Spross der N-frei angezogenen Ackerbohne oder Erbse
(gewogene Mittelwerte)

Die Höhe der transferierten N-Menge in $\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ergibt sich aus dem transferierten Anteil und dem Gesamt-N-Gehalt im Spross (Korn + Stroh) des Gemengewizens (N_{SWG}) (Gleichung 11):

$$N_{\text{trans}} [\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}] = \frac{N_{\text{trans}} [\%] * N_{\text{SWG}} [\text{kg ha}^{-1}]}{100} \quad (11)$$

2.4.2 N_{min}-Analyse

Zur Analyse des Vorrates an pflanzenverfügbarem mineralischem Stickstoff (Nitrat-N, NO₃⁻ und Ammonium-N, NH₄⁺) im Boden wurden 100 g ± 0,05 g der Bodenproben aus den einzelnen Bodenschichten (0-30, 30-60, 60-90 und 90-120 cm) in 500 ml Kunststoff-Weithalsflaschen eingewogen. Zu jeder Probe wurden 250 ml Calciumchlorid (CaCl₂ × 2 H₂O, 0,01 M) hinzugegeben. Die Proben wurden anschließend für eine Stunde im Überkopfschüttler geschüttelt. Die Messung der Konzentration der NO₃⁻ und NH₄⁺ Ionen im Extrakt erfolgte photometrisch (automatische Messung nach dem Prinzip der kontinuierlichen Durchflussanalyse, Continuous Flow Analysis (CFA), Fa. Perstorp, Typ Flow Solution III Gerät 004). Anhand der N-Konzentration und der parallel dazu bestimmten Feuchtigkeit der Bodenprobe wurde mittels der Gleichung 12 die absolute Menge an Stickstoff aus Nitrat oder Ammonium in kg ha⁻¹ berechnet:

$$N_{\min} [\text{kg ha}^{-1}] = c_L * d * \frac{dB}{TS} * f \quad (12)$$

c_L = Nitrat-N (Ammonium-N) Konzentration in der Messlösung [mg l⁻¹]

d = Mächtigkeit der beprobten Bodenschicht [dm]

dB = Trockenraumdichte des Bodens [g cm⁻³]

TS = prozentualer Trockensubstanzgehalt des Bodens (bezogen auf den feuchten Boden)

f = Faktor für das Ausschüttungsverhältnis (Extraktionsmittel [ml]/Bodeneinwaage [g])

2.4.3 Qualitätsanalyse Weizenkorn

Vermahlen des Korngutes zu Vollkornmehl

Für die Bestimmung des Glutengehaltes sowie der Fallzahl ist eine Vermahlung auf $\leq 0,8$ mm vorgeschrieben (ICC-STANDARDS 2006). Die dafür vorgesehen Labormühle (Fa. Per-ten, Typ Laboratory Mill 120, Schlagkreuzmühle) war nicht funktionstüchtig, so dass auf die Ultrazentrifugalmühle (Fa. Retsch, Typ ZM 100) mit einem 0,75 mm Siebeinsatz zurückgegriffen werden musste. Es wurden ca. 300 g Korngut des Weizens pro Variante und Wiederholung vermahlen, um ausreichend Mehl für alle Tests zu erzeugen (48 Proben pro Standort und Jahr, Summe aller Proben: 288). Diese Mehle wurden bei $-18,0$ °C tiefgefroren, um einem Abbau der Inhaltsstoffe vorzubeugen.

Bestimmung der Feuchtigkeit

Die Bestimmung der Feuchtigkeit der Mehle erfolgte nach ICC-STANDARD Nr. 110/1. Es wurden zweimal ca. 2,00 g je Probe in einen Tiegel eingewogen, bei 130 °C für 90 min getrocknet und anschließend im Exsikkator bis zur Zimmertemperatur abgekühlt. Der Feuchteanteil der Probe ergibt sich mittels Formel 13:

$$\text{Feuchte [\%]} = \frac{\text{Masseverlust [g]}}{\text{Einwaage [g]}} * 100 \quad (13)$$

$$\text{Masseverlust} = (\text{Tiegel [g]} + \text{Einwaage [g]}) - \text{Rückwaage (inkl. Tiegel) [g]}$$

Die Werte werden für die Korrektur der Feuchtigkeit der untersuchten Proben innerhalb der standardisierten Testverfahren bei 14 % (z. B. Feuchtglutengehalt) oder 15 % (z. B. SDS-Sedimentation) Feuchtenanteil benötigt.

Proteingehalt

Bestimmung des Rohproteingehalts im Korn erfolgte indirekt über die Ermittlung des N-Gehaltes im Korn. Hierbei wurde das Mehl verbrannt (Dumas-Verfahren), alle entstandenen Stickoxide zu N_2 reduziert und über die Wärmeleitfähigkeit im Verbrennungsgas der N-Gehalt ermittelt (Fa. Leco, Typ CN 2000 bzw. Fa. Elementar, Typ Vario EL). Der N-Gehalt im Weizenkorn multipliziert mit dem Faktor 5,7 ergab den Proteingehalt im Korn. Hierbei wird unterstellt, dass im Weizeneiweiß ca. 17,5 % N enthalten sind.

Feuchtglutengehalt

Zur Ermittlung der Höhe des Feuchtglutengehaltes wurde der ICC-Standard Nr.106/2 herangezogen. Die Backqualität wird im Wesentlichen durch die Kleberqualität (Proteinqualität) gekennzeichnet (LINNEMANN et al. 2002). Nach OSBORNE (1907) werden vier Proteintypen unterschieden: Albumin, Globulin, Prolamin und Glutelin (Osborne-Fractionen). Beim Weizen werden die Prolamine Gliadin und die Gluteline Glutenin genannt. Albumine sind löslich in Wasser, Globuline in wässriger Kochsalzlösung (5 – 10 %). Die glutenbildenden Proteine (Gluten bzw. Kleber) Prolamine und Gluteline lösen sich in 70 bis 80 % Ethanol bzw. in alkalischen Reagenzien. Die Vernetzung der Gliadine im Weizenteig erfolgt hauptsächlich durch schwache Bindungen (hydrophobe Wechselwirkungen oder Wasserstoffbrückenbindungen), während die Glutenine in der Lage sind, mittels Disulfidbrücken kovalente Bindungen einzugehen (GILLIARD 2005). Hieraus erklären sich auch die Eigenschaften des Gliadins, entsprechend plastisch, wenig elastisch, klebrig, viskos fließend und des Glutenins, entsprechend wenig plastisch, stark elastisch (LINNEMANN 2005, PAWELZIK 2003). Darüber hinaus werden α -Gliadine mittels Disulfidbrücken in Gluteninpolymere (Low Molekular Weight LMW) eingebaut (LINNEMANN et al. 2002).

Der Feuchtglutengehalt eines Mehles wird durch Auswaschen mittels einer 2 %-igen Natriumchloridlösung ermittelt. Dabei werden die Albumine und Globuline gelöst. Andere Bestandteile des Mehles (Stärke, Zucker, Schalenteile) werden ebenfalls ausgewaschen. Mit dem Test auf Stärkefreiheit mittels Jod-Kaliumjodidlösung (Lugolsche-Lösung) kann überprüft werden, ob der Auswaschvorgang abgeschlossen ist. Gibt es einen Farbumschlag nach rotviolett bis blau-schwarz (Jod-Stärke-Komplex), ist noch Stärke im Teigklumpen vorhanden und der Auswaschvorgang muss fortgeführt werden. Durch das Anteigen (zweimal 10,0 g Mehl mit 6 ml 2 %-ige NaCl-Lösung für 2 min zu einem Teigklumpen verrühren) und das ständige Kneten des Teigklumpens während des Auswaschvorganges wird die Vernetzung der glutenbildenden Proteine erzielt. Zurück bleibt der Kleber, welcher ausgepresst und gewogen werden kann. Der Feuchtglutengehalt errechnet sich nach der Gleichung 14:

$$\text{Feuchtglutengehalt [\%]} = \frac{\text{Feuchtglutenmasse [g]} * 100}{\text{Einwaage [g]} * (100 - \text{Feuchteanteil [\%]})} * 100 \quad (14)$$

Im Standardverfahren erfolgt die Gewinnung des Feuchtklebers mit einer Kleberauswaschmaschine und Kleberpresse (Plattenabstand 2,4 mm). Da diese Geräte nicht zur

Verfügung standen, wurde von Hand ausgewaschen und das Wasser mittel zweier Glasplatten aus dem Kleber gepresst. Feuchtglutengehalte bei einem Mehltyp 550 von < 20,0 % werden als gering, zwischen 20,0 und 23,0 % als niedrig, zwischen 24,0 bis 27,0 % als mittel, > 28 % als hoch bzw. > 30,0 als sehr hoch eingestuft (PAWELZIK 2003).

SDS-Sedimentationswert

Der Sedimentationswert wurde mittels des ICC-STANDARDS Nr. 151 als SDS (Sodium Dodecyl Sulfat) Test bzw. modifiziert nach MCDONALD (1985) durchgeführt. Der Test ist dem Test nach Zeleny sehr ähnlich, wobei das Reagenz SDS anstelle von Propanol und einem Anteil der Milchsäure verwendet wird. Der SDS-Sedimentationswert weist eine hohe Übereinstimmung mit dem Backvolumen auf und wird außerhalb der Bundesrepublik Deutschland häufiger als der Test nach Zeleny genutzt (LINNEMANN et al. 2002). Es wurden zwei Lösungen hergestellt: Lösung 1 zum Anfärben der Suspension bestand aus 10 mg Bromphenol blau ($C_{19}H_{10}Br_4O_5S$) in 1.000 ml destilliertem Wasser. Für Lösung 2 wurden 20 g SDS ultra pure (Sodium dodecyl sulphate/Natrium-dodecylsulfat, $C_{12}H_{25}NaO_4S$) eingewogen und mit 20 ml Milchsäurelösung (11,11 %, $C_3H_6O_3$) und destilliertem Wasser auf 1.000 ml aufgefüllt. Anschließend wurden zweimal 6,0 g Mehl (15 % Anteil Feuchte) eingewogen und in die 100 ml Schüttelzylinder eingefüllt. Die Korrektur der Einwaagemenge der Mehle erfolgte mit der Gleichung 15:

$$\text{Einwaage [g]} = \frac{6,0 \text{ g} * 85}{(100 - \text{Feuchteanteil [\%]})} \quad (15)$$

50 ml der Lösung 1 wurden dem Mehl zugegeben und es erfolgte eine Überkopfschüttelung der Suspension für 15 Sekunden und anschließendes aufrechtes stehen lassen des Zylinders für 105 Sekunden. Alle zwei Minuten wurde der Schüttelvorgang wiederholt. Nach der vierten Minute erfolgte die Zugabe von 50 ml der Lösung 2. Nach dem letzten Schüttelvorgang (10. Minute) wurde die Suspension für weitere 20 Minuten stehen gelassen. Danach konnte der Wert der Sedimentation in ml am Schüttelzylinder abgelesen werden. Beim Sedimentationswert nach Zeleny sollte ein Weizenmehl Typ 550 mindestens einen Sedimentationswert von 22,0 ml aufweisen (BSA 2003). Sedimentationswerte kleiner 20,0 ml werden als mangelnde Qualität, von 20,0 bis 34,0 ml als befriedigende Qualität, von 35,0 bis 50,0 ml als gute Qualität und über 50,0 ml als sehr gute Qualität eingestuft (PAWELZIK 2003). LINNEMANN et al. (2002) geben für den SDS-Sedimentationswert ein Optimum von 40 bis 60 ml an.

Mikro-Rapid-Mix-Test nach KIEFFER et al. (1993)

Für den Backtest ist es unerlässlich, die Wasseraufnahmefähigkeit der Mehle zu bestimmen, damit die exakte Wassermenge im Backversuch hinzu gegeben werden kann. Hierzu wurde mit einem ungarischen Labor-Valorigrafen (Fa. Múszéripari Művek Mim, Typ 3422-QA-203) gearbeitet und die Wasseraufnahme nach LÜDDEKE (1969) bestimmt. Der Valorigraf misst den Widerstand von zwei gegeneinander laufenden z-förmigen Knetschaufeln und überträgt ihn auf eine Schreibvorrichtung (Kraft-Zeit-Diagramm). Im vorgewärmten Valorigrafen werden 50,0 g Mehl (Korrektur auf 14 % Feuchteanteil, Gleichung 16) in die Knetschaufeln eingefüllt.

$$\text{Einwaage [g]} = 50,0 \text{ g} - (14 - \text{Feuchteanteil (\%)}) * 0,5 \text{ g} \quad (16)$$

Es wurde unter Zugabe von Wasser aus der Bürette innerhalb von drei Minuten die Wassermenge bestimmt, die zur Bildung eines Teiges mit einer Konsistenz von 500 Valorigraf-Einheiten (VE) erforderlich war (LÜDDEKE 1969). Bei einem Wert zwischen 0 bis 500 VE ist zu viel Wasser hinzu gegeben worden, der Teig ist zu weich (Test wiederholen). Zwischen 500 bis 1000 VE bietet der Teig noch einen zu hohen Widerstand, so dass eine weitere Wasserzugabe erforderlich ist. Da mit 50,0 g Mehl gearbeitet wurde, muss die titrierte Wassermenge mit dem Faktor 2 multipliziert werden, um die Wasseraufnahmefähigkeit des Mehles in Prozent zu erhalten. KIEFFER et al. (1993) ermittelten einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,904$ der Backvolumina bei einem Standard-Rapid-Mix-Test (1.000 g Mehl) mit den Ergebnissen des Mikro-Rapid-Mix-Tests (10 g Mehl) bei verschiedenen Handels- und Sortenmehlen der Type 550. Für Labormaßstäbe bietet der Mikro-Rapid-Mix-Test (MRMT) somit eine Lösung mit kleinen Mehlmengen arbeiten zu können. In der vorliegenden Untersuchung wurde dieser MRMT modifiziert angewendet: Die Tests wurden mit Vollkornmehlen durchgeführt. Im Bereich der ökologischen Backwaren findet sich eine Vielfalt an Produkten, die Mehle der Typen 550 bis zu den Vollkornmehlen. Weizenmehle des Typs 450 sind allerdings nach Bioland Verarbeitungs-Richtlinien nicht zur Verwendung zugelassen (ZENSE 2002). Es wurden pro Probe 50,0 g Mehl (Korrektur auf 14 % Feuchteanteil) analog zur Bestimmung der Wasseraufnahmefähigkeit eingewogen. Anschließend erfolgte die Zugabe der Zutaten (Tab. 8) und die Verknetung zu einem Teig. Die Gesamtmasse des Teiges wurde gewogen, um ihn nach der Teigreife (20 min bei 30 °C in einem Trockenschrank Fa. Heraeus, Typ T504 2E) in fünf gleich große Stücke aufzuteilen (entspricht fünf mal 10 g Mehl im MRMT). Die fünf Teiglinge wurden rund gewirkt und für eine Relaxionszeit von drei Minuten bei Raumtemperatur liegen gelassen.

Anschließend erfolgte das Langrollen mit einer Nudelmaschine (Fa. SMV Marcato Teigmaschine, Typ Ampia 150, Stufe 4) und Einrollen der Teiglinge. Die Teiglinge wurden mit Wirkschluss nach unten für weitere 45 Minuten bei 30 °C im Trockenschrank der Stückreife unterzogen. Nach der Stückreife wurden die Teiglinge mit Wirkschluss nach oben bei 240 °C für 12 Minuten im vorgeheizten Umluftbackofen (Fa. Severin, Typ TO2023) gebacken.

Tab. 8: Rezeptur des Gebäcks (erweitert nach KIEFFER et al. 1993)

Zutat	Menge [%]	Menge [g]
Mehl (14 % Feucht)	100	50
Hefe	5	2,5
Erdnussfett/Margarine	1	0,5
Kochsalz	1,5	0,75
Zucker	1	0,5
L-Ascorbinsäure	0,002	0,001 bzw. 1 ml [0,1 %]
Wasserzugabe	gemäß Wasseraufnahmebestimmung	

Für die Ermittlung des Backvolumens wurde das Prinzip der Verdrängung genutzt: Die abgekühlten Brötchen wurden abwechselnd mit Rapssamen in einen 1.000 ml Messkolben eingefüllt. Die Menge Rapssamen, die für die alleinige Befüllung des 1.000 ml Messkolbens erforderlich war, wurde vorher bestimmt. Die Brötchen verdrängen einen Teil der Rapssamen aus dem Messzylinder. Die verbliebene Menge an Rapssamen wurde in einem zweiten Messzylinder bestimmt. Die Volumenverdrängung der Probe im MRMT [ml je 100 g Mehl] wurde durch Multiplikation des ermittelten Volumenwertes für 50 g Mehl mit dem Faktor 2.

Tabelle 9 gibt die Bewertung von Weizenmehlen des Typs 550 wieder. Ein Wert von ca. 650 ml je 100 g Mehl wird hierbei als sehr gut eingestuft (BSA 2003, Tab. 9).

Tab. 9: Bewertung der Volumenausbeute im RMT (Weizenmehl-Typ 550), Stufe 5 = 622 bis 651 ml (BSA 2003), ergänzt

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ausprägungsstufe	sehr niedrig	sehr niedrig bis niedrig	niedrig	niedrig bis mittel	mittel	mittel bis hoch	hoch	hoch bis sehr hoch	sehr hoch
Winterweizen Differenz zu "Batis" = 100	< 85,90	85,90 bis 88,30	88,40 bis 90,80	90,90 bis 93,30	93,40 bis 95,80	95,90 bis 98,30	98,40 bis 100,80	100,90 bis 103,30	> 103,30
RMT [ml/100 g Mehl]	< 577,89	577,89 bis 594,03	594,71 bis 610,85	611,53 bis 627,67	628,34 bis 644,49	645,16 bis 661,31	661,98 bis 678,13	678,80 bis 694,95	> 694,95

Für Vollkornmehle ergeben sich aufgrund der Schalenanteile deutlich geringere Werte zwischen 300 und 400 ml Backvolumen je 100 g Mehl (BERG et al. 2003). Auch SEIBEL & STEPHAN (1985) fanden bei einem Kastenbackversuch mit 1.000 g Mehl bei konventionell erzeugten Vollkornmehlen halbierte Backvolumina im Vergleich zum Typenmehl 550 im Standard-Backversuch.

Fallzahl

Die Fallzahl wurde nach ICC-Standard Nr. 107/1 (Hagberg-Perten) ermittelt (siehe auch PERTEN INSTRUMENTS 1996). Die Fallzahl-Methode bestimmt die α -Amylase-Aktivität. Es wird die Stärkeverflüssigung einer Mehlsuspension ermittelt, die in einem Wasserbad erhitzt wird. Die Mehlstärke verkleistert unter diesen Bedingungen. Der Abbau der Stärke durch die α -Amylase führt zu einer mehr oder weniger starken Verflüssigung der Suspension. Die Verflüssigungszeit ist ein Maß der α -Amylase-Aktivität (Auswuchsgrad) im Mehl und Brotgetreide. Die Methode findet überwiegend bei Weizen und Roggen Anwendung. Vor Beginn der Untersuchungen wurde das Fallzahlgerät (Fa. Kastenmüller, Typ Falling Number 1200) mit destilliertem Wasser aufgefüllt und eingeschaltet, damit das Wasser im Gerät siedet. Ein Kühldeckel, der mittels PVC-Schläuchen an einen Kaltwasserhahn angeschlossen wurde, verhinderte Beschädigungen an der Elektronik. Es wurden zweimal 7,0 g auf einer Basis von 14 % Feuchtigkeit eingewogen und in die Viskosimeter-Röhren eingefüllt. Die Korrekturtabelle der Probeneinwaagen findet sich im Anhang I der Bedienungsanleitung für das Fallzahlmessgerät (PERTEN INSTRUMENTS 1996). Nach Zugabe von 25,0 ml destilliertem Wasser wird durch Schütteln eine homogene Suspension hergestellt. Die Viskosimeter-Röhre mit dem Viskosimeter-Umrührer wurde anschließend im Fallzahlgerät arretiert. Das digitale Zahlwerk wurde eingeschaltet. Nach fünf Sekunden wurde der Viskosimeter-Rührer mit zwei Bewegungen in der Sekunde auf und ab bewegt, solange das akustische Signal ertönte (nach 60 Sekunden). Nach dem Rühren bleibt der Viskosimeter-Umrührer in seiner höchsten Position stehen und sinkt durch sein Eigengewicht in der Suspension ab. Ist der Viskosimeter-Umrührer zum untersten Punkt angelangt, ertönt erneut ein akustisches Signal und der Fallzahlwert (60 s umrühren + Zeit des Absinkens) wurde an der Digitalanzeige abgelesen. Die Bewertung der Fallzahl beim Weizenmehl Typ 550 zeigt Tabelle 10.

Tab. 10: Bewertung der enzymatischen Aktivität der α -Amylase (PAWELZIK 2003, PERTEN INSTRUMENTS 1996)

Fallzahl	Maltosegehalt (%)	Beurteilung	praktische Bedeutung
> 300	1,3	ohne Auswuchs, sehr geringe α -Amylase-Aktivität	geringe Triebkraft, kleines Gebäckvolumen
250 bis 300	1,4 bis 1,7	ohne Auswuchs, etwas geringe α -Amylase-Aktivität	geringe Frischhaltung
200 bis 250	1,8 bis 2,5	ohne Auswuchs, normale α -Amylase-Aktivität	gute Lockerung
150 bis 200	2,6 bis 3,0	Auswuchsschaden, hohe α -Amylase-Aktivität	grob, geporte, feuchte Krume, nachlassende Teige
< 150	> 3,1	Auswuchsschaden, sehr hohe α -Amylase-Aktivität	unelastische Krume

2.4.4 Deckungsbeiträge

Die Deckungsbeitragsrechnungen sind nach REDELBERGER (2000) durchgeführt worden. Grundsätzlich stellen Deckungsbeiträge die Leistungen im Fall der vorliegenden Arbeit einer Marktfrucht abzüglich der Kosten dar. Die Leistungen der Marktfrüchte Weizen, Ackerbohne oder Erbse ergeben sich aus dem Ertrag [dt ha⁻¹] multipliziert mit dem Marktpreis [€ dt⁻¹]. Für den Ertrag sind hierbei die Ergebnisse aus dem Parzellendrusch genutzt worden, deren Erträge sich aus den absoluten Trockenmassen errechnet haben. Deshalb musste ein Feuchteanteil von 14,0 %, mit dem Getreide praxisüblich gehandelt wird, hinzugerechnet werden. Bei den Preisen sind Verkaufspreise als lose Ware für die Haupt-

Tab. 11: Preise [€ dt⁻¹] der Marktfrüchte Ernte 2004 und 2005 (ZMP 2005 und 2006)

Marktfrucht Hauptversuch I	Preis 2004 [€ dt ⁻¹]
Weizen I (Mindestanforderung: Basisfeuchte 15,0 %, Proteingehalt > 11,5 % in TS, Fallzahl: 240 bis 280 s, Sedimentationswert > 35 ml, Klebergehalt > 26 %, lose, vorgereinigt)	27,00
Weizen II (Mindestanforderungen: Basisfeuchte 15,0 %, Proteingehalt < 11,5 % in TS, Fallzahl > 220, Sedimentationswert > 25 ml, Klebergehalt 22 bis 26 %, lose, vorgereinigt)	25,00
Ackerbohnen	24,00
Futtererbsen	24,00
Marktfrucht Hauptversuch II, Nachfruchtversuch I + II	Preis 2005 [€ dt ⁻¹]
Weizen I (Mindestanforderung: Basisfeuchte 15,0 %, Proteingehalt > 11,5 % in TS, Fallzahl: 240 bis 280 s, Sedimentationswert > 35 ml, Klebergehalt > 26 %, lose, vorgereinigt)	25,00
Weizen II (Mindestanforderungen: Basisfeuchte 15,0 %, Proteingehalt < 11,5 % in TS, Fallzahl > 220, Sedimentationswert > 25 ml, Klebergehalt 22 bis 26 %, lose, vorgereinigt)	22,00
Ackerbohnen	22,00
Futtererbsen	22,00
Winterroggen (Brotgetreide, Mindestanforderungen: Basisfeuchte 15,0 %, Fallzahl > 120, lose, vorgereinigt)	18,00

früchte aus den Jahren 2004 und 2005 und für die Nachfrucht Winterroggen aus 2005 der ZMP unterstellt worden (ZMP 2005 und 2006, Tab. 11). Als sonstige Leistung wurde eine mittlere Flächenzahlung im Ackerbau von 203,00 € ha⁻¹ aus dem Jahr 2003/2004 für Haupterwerbsbetriebe des ökologischen Landbaus angesetzt (BMVEL 2005). Des Weiteren wurde unterstellt, dass der Betrieb schon längere Zeit nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus (VO-EWG 2092/91) wirtschaftet und somit keine Umstellungsprämie jedoch die Beibehaltungsprämie von derzeit 137,00 € ha⁻¹ erhält (KOMPETENZZENTRUM ÖKOLANDBAU NIEDERSACHSEN 2006).

Bei der Berechnung der Kosten wurde überwiegend auf die Datensammlung nach KTBL (2006) zurückgegriffen. Die Kosten umfassten die Direktkosten (Saatgut, Dünger, Trocknung, Reinigung, Trennung der Gemenge, sonstiges: Hagelversicherung, Zinsansatz Feldinventar) und die Kosten der Arbeitserledigung (Vollkosten). Die Saatgutkosten ergaben sich aus der tatsächlichen Aussaatmenge [kg ha⁻¹] multipliziert mit dem Preis für Öko-Z-Saatgut (Weizen 54,00 € dt⁻¹, Roggen 50,00 € dt⁻¹, Ackerbohne 70 € dt⁻¹, Erbse 65 € dt⁻¹). Für die Düngung wurde ein Anteil an der Erhaltungskalkung in Höhe von 50,00 € ha⁻¹ angesetzt. Bei der Reinigung des Druschgutes wurden 5,00 € dt⁻¹ angenommen für die Gemenge ergibt sich ein zusätzlicher Bedarf zur Trennung der Arten von 2,00 € dt⁻¹. Die Hagelversicherung wurde mit 8,23 € Einheit⁻¹ errechnet, wobei sich eine Einheit auf je 1.000,00 € Gesamtleistung der Marktfrucht (je 1.000,00 € Versicherungsleistung) bezieht. Der zu Grunde gelegte Zinsansatz betrug 1,5 % der Direktkosten. Zur Berechnung der Arbeitserledigungskosten wurde eine Schlaggröße von 5 ha unterstellt. Den unterschiedlichen Standortbedingungen wurde bei der Abschätzung der Arbeitsgänge Pflügen, Aussaat, Striegeln und Hacken (Deppoldshausen = schwer, Reinshof = mittel, Stöckendrebber = leicht) Rechnung getragen. Die Varianten Weizenreinsaat mit 15 cm Reihenabstand, Erbsereinsaat und Roggen wurden mit zwei Bearbeitungen mit dem Striegel berechnet. Einmal Striegeln und einmal Hacken wurden in den Varianten Weizenreinsaat mit 30 oder 75 cm Reihenabstand sowie Ackerbohnenreinsaat angenommen. Im Unterschied dazu wurde für die Gemenge aufgrund eines höheren Unkrautunterdrückungsvermögens nur ein Striegelarbeitsgang zu Grunde gelegt. Der Preis für den Mähdrusch richtete sich nach der Erntemenge (Nettoertrag t ha⁻¹) und lag bei Weizen und Roggen zwischen 93,1 und 98,5 € ha⁻¹, bei der Ackerbohne zwischen 113,0 und 128,5 € ha⁻¹ und bei der Erbse zwischen 152,8 und 156,7 € ha⁻¹. Für die Gemenge ist der Preis des jeweils kostenintensiveren Gemengepartners unterstellt worden (Ackerbohne oder Erbse).

Es wurden die Direktkostenfreie Leistung (DfL = Marktleistung – Direktkosten) sowie der Deckungsbeitrag (DB = DfL – Arbeitserledigungskosten) berechnet. Die Berechnungen erfolgten je Variante und Standort des Hauptversuches in den jeweiligen Jahren sowie über die Fruchtfolge des Hauptversuches mit der Nachfrucht Winterroggen.

2.4.5 Statistik

Die statistischen Analysen wurden mit Hilfe des Statistik-Softwarepaket SAS Version 8.01 (SAS INSTITUTE INC. 2001) durchgeführt. Die Normalverteilung der Datensätze und deren Residuen zur Prüfung der mathematischen Voraussetzungen zur Durchführung einer Varianzanalyse wurden mit dem Shapiro-Wilk-Test berechnet (SHAPIRO & WILK 1965). Waren die Daten nach dem Shapiro-Wilk-Test nicht normalverteilt, sind geeignete Transformationen nach MUNZERT (1992) vorgenommen worden, gekennzeichnet mit n.T. = nach Transformation. Konnte keine Normalität der Rohdaten erzielt werden, wurde auf eine statistische Auswertung verzichtet, gekennzeichnet mit n.n. = nicht normalverteilt. Die Ergebnisse wurden für die Tabellendarstellung einzelner Parameter als einfaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren Anbauform, Reihenweite, Körnerleguminosenart und Saatstärke für die Standorte und Jahre gesondert verrechnet (vollständig randomisierte Blockanlage, SAS Prozedure GLM). Zusätzlich wurden für die wichtigsten Parameter mehrfaktorielle Varianzanalysen durchgeführt, um vorhandene Wechselwirkungen aufzuzeigen. Multiple Mittelwertvergleiche wurden mittels Tukey-Test vorgenommen. Für unbalancierte Daten wurde der Scheffé-Test verwendet. Simultane Irrtumswahrscheinlichkeiten wurden, wenn nicht anders angegeben, für $\alpha = 0,05$ mit „*“ signifikant ausgewiesen. Nicht signifikante Wirkungen wurden mit „n.s.“ gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten einzelner Prüfglieder sind durch verschiedene Buchstaben gekennzeichnet. Durch waagerechte (\rightarrow) und senkrechte Pfeile (\downarrow) in den Tabellen wird die Leserichtung angezeigt, in der die Prüfglieder verglichen wurden. Zur Prüfung des Zusammenhangs zwischen Merkmalen wurde der lineare empirische Pearsonsche Korrelationskoeffizient (SAS Prozedure CORR) berechnet. Bei der Regressionsanalysen ist die Irrtumswahrscheinlichkeit mit „*“ $P < 0,05$, „**“ $P < 0,01$ und „***“ $P < 0,001$ angegeben. Um Inhomogenitätskorrelationen auszuschließen, wurde vor der Durchführung der Regressionsanalysen die Verteilung der Wertepaare im Koordinatensystem visuell überprüft (KÖHLER et al. 2002). Graphische Abbildungen wurden mit Hilfe des Programms Sigma Plot 2004 (SPSS Inc. SigmaPlot for Windows, Version 8.0.2) erstellt.

3 Ergebnisse

3.1 Erträge Gemenge-Hauptversuch

Kornertrag

Im Jahr 2004 erzielte der Weizen in Reinsaat mit nur 20 % Aussaatstärke mit im Mittel 43,2 dt TM ha⁻¹ (Reinshof) und 12,3 dt TM ha⁻¹ (Stöckendrebber) tendenziell höhere Erträge als in den Reinsaaten mit 300 K/m² mit im Mittel 37,4 dt TM ha⁻¹ (Reinshof) und 10,0 dt TM ha⁻¹ (Stöckendrebber; Abb. 5, signifikant beim Reihenabstand 75 cm am Standort Stöckendrebber, Tab. A I). In Deppoldshausen lagen die Kornerträge des Weizens aus den Normalsaaten (300 K/m²) mit im Mittel 16,7 dt TM ha⁻¹ deutlich über den Dünnsaaten (60 K/m²) mit im Mittel 2,4 dt TM ha⁻¹ (Abb. 5). Dies war bei einer Reihenweite von 75 cm auch signifikant verschieden (Tab. A I).

An den Standorten Reinshof und Stöckendrebber war der Ertrag des Weizens im Jahr 2004 in den Gemengen mit Ackerbohne mit im Mittel 13,9 und 5,2 dt TM ha⁻¹ sowie in den Gemengen mit Erbse mit im Mittel 24,7 und 5,5 dt TM ha⁻¹ signifikant geringer als in den Reinsaaten mit 20 % Saatstärke. Hier wurde ein Kornertrag von im Mittel 43,2 und 12,3 dt TM ha⁻¹ erzielt (Abb. 5, Tab. A I). Am Standort Deppoldshausen waren die Kornerträge des Weizens im Gemenge mit der Ackerbohne mit im Mittel 1,6 dt TM ha⁻¹ sowie im Gemenge mit der Erbse mit im Mittel 2,5 dt TM ha⁻¹ statistisch nicht verschieden vom Ertrag in der Reinsaat mit 20 % Saatstärke mit im Mittel 2,4 dt TM ha⁻¹ (Abb. 5, Tab. A I). Für die Varianten WA30/30, WA75/15, WE30/30 und WE75/15 wurde der Weizen mit der Hand ausgesät, um eine exakte Reihenplatzierung zu gewährleisten. Im ersten Versuchsjahr stand hierfür keine Sätechnik zur Verfügung, um die Aussaat mit einer Überfahrt durchzuführen. Die Handsaaten des Weizens führten an den Standorten Reinshof und Deppoldshausen zu deutlich schlechteren Feldaufgangsraten. Der Feldaufgang des Weizens betrug am Standort Reinshof im Jahr 2004 45,2 % (WA30/30), 24,6 % (WA75/15), 51,3 % (WE30/30) und 18,2 % (WE75/15) bei Handaussaat im Vergleich zu 86,5 % (WA15) und 73,3 % (WE15) bei Drillsaat im Gemenge. Am Standort Deppoldshausen lag im Jahr 2004 der Feldaufgang des Weizens bei 15,0 % (WA15), 12,4 % (WA30/30), 7,0 % (WA75/15), 13,9 % (WE15), 10,0 % (WE30/30) und 9,1 % (WE75/15).

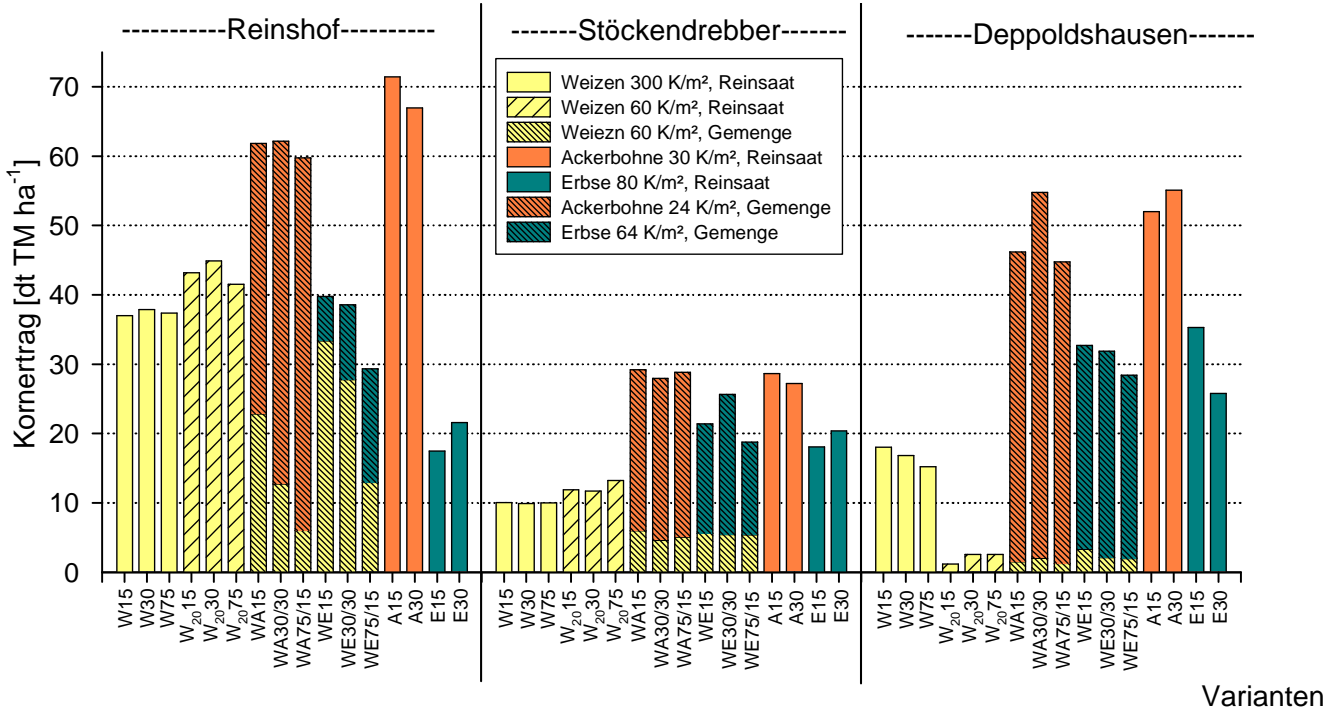


Abb. 5: Kornerträge von Weizen, Ackerbohne und Erbse in Rein- und Gemengesaat an den Standorten Reinshof, Stöckendrepper und Deppoldshausen im Jahr 2004

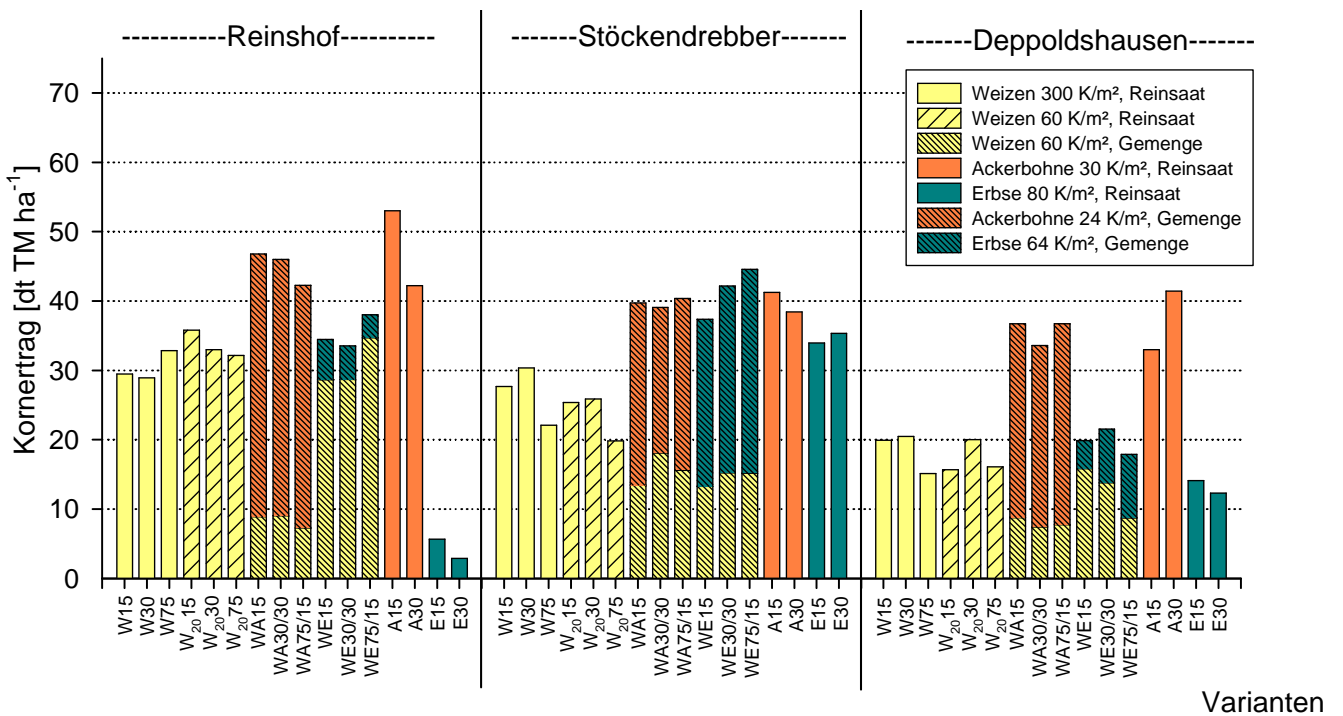


Abb. 6: Kornerträge von Weizen, Ackerbohne und Erbse in Rein- und Gemengesaat an den Standorten Reinshof, Stöckendrepper und Deppoldshausen im Jahr 2005

Der Vergleich der Körnerleguminosenart als Gemengepartner für den Weizen zeigte an den Standorten Stöckendrebber und Deppoldshausen keinen Einfluss auf die Höhe des Kornertrages des Weizens. Am Standort Reinshof konnte im Jahr 2004 für die Variante abwechselnde Reihen im Gemenge mit der Erbse ein signifikant höherer Kornertrag des Weizens als im Gemenge mit der Ackerbohne nachgewiesen werden (Tab. A I). Der Faktor Standraumzuteilung hatte an den Standorten Stöckendrebber und Deppoldshausen im Jahr 2004 keinen Einfluss auf die Höhe des Kornertrages des Weizens. Am Reinshof hatte der Faktor Standraumzuteilung nur in den Gemengen einen Einfluss auf die Höhe des Kornertrages des Weizens. So war der Kornertrag des Weizens in den Varianten Reihen-Streifen-Gemenge sowohl mit Ackerbohne als auch mit Erbse signifikant geringer als in den Mischsaaten (Abb. 5, Tab A I).

Die Höhe der Kornerträge der Leguminosen war an den Standorten Stöckendrebber und Deppoldshausen im Jahr 2004 in den Gemengen mit der Ackerbohne mit im Mittel 22,6 und 47,0 dt TM ha⁻¹ sowie in den Gemengen mit Erbse mit im Mittel 16,2 und 28,6 dt TM ha⁻¹ nicht signifikant verschieden von den Erträgen der jeweiligen Reinsaaten (Ackerbohne im Mittel 27,2 und 53,6 dt TM ha⁻¹, Erbse im Mittel 18,9 und 30,5 dt TM ha⁻¹). Am Standort Reinshof waren die Kornerträge der Leguminosen in den Gemengen in der Regel signifikant geringer als in der jeweiligen Reinsaat (Ausnahme WE75/15). Im Mittel aller Gemenge erzielte die Ackerbohne am Standort Reinshof einen Kornertrag von 47,5 dt TM ha⁻¹ im Vergleich zum Reinsaatmittel von 67,3 dt TM ha⁻¹. Bei der Erbse ergaben sich Kornerträge im Mittel aller Gemenge 11,0 dt TM ha⁻¹ und im Mittel der Reinsaaten 19,2 dt TM ha⁻¹ (Abb. 5, Tab. A II).

Die Ackerbohne erzielte in der Regel an allen drei Standorten im Jahr 2004 signifikant höhere Körnerträge als die Erbse (Abb. 5, Tab. A II). Die Standraumzuteilung hatte auf allen drei Standorten im Jahr 2004 keinen Einfluss auf die Höhe des Kornertrages der Ackerbohne im Gemenge. Im Gemenge mit der Erbse war am Standort Deppoldshausen ebenfalls kein Effekt der Standraumzuteilung nachzuweisen, während an den Standorten Stöckendrebber und Reinshof im Jahr 2004 ein signifikant höherer Kornertrag der Erbse im Gemenge bei alternierender Reihenanzahl im Vergleich zum Reihen-Streifen-Gemenge (Stöckendrebber) bzw. Gemenge in Mischsaat (Reinshof) ermittelt wurde (Tab. A II).

Der Vergleich der Mittelwerte des Kornertrages der Summe der Arten im Gemenge mit der optimalen Reinsaatstärke der jeweiligen Art ergab sich für die Ackerbohne an allen drei Standorten im Jahr 2004 ein signifikant geringerer Ertrag der Weizenreinsaaten mit im Mittel 36,7, 9,8 und 16,7 dt TM ha⁻¹ (Reinshof, Stöckendrebber, Deppoldshausen) im Vergleich zu den Ackerbohngemengen mit im Mittel, 61,0, 27,7 und 48,2 dt TM ha⁻¹, welche sich nicht signifikant von den Ackerbohnenreinsaaten mit im Mittel 67,3, 27,2, und 53,5 dt TM ha⁻¹ unterschieden. Der Kornertrag der Summe der Arten im Gemenge mit der Erbse war an den Standorten Stöckendrebber und Deppoldshausen im Jahr 2004 mit im Mittel 21,5 und 31,0 dt TM ha⁻¹ in der Regel statistisch nicht signifikant verschieden vom Ertrag in Reinsaat mit im Mittel 18,9 und 30,5 dt TM ha⁻¹ und unterschied sich signifikant von den Weizenreinsaaten mit im Mittel 9,8 und 16,7 dt TM ha⁻¹. Am Standort Reinshof lag hingegen der Kornertrag in der Summe der Erbsengemenge mit im Mittel 35,0 dt TM ha⁻¹ auf gleicher Höhe wie in den Weizenreinsaaten mit im Mittel 36,7 dt TM ha⁻¹. Der Ertrag des Weizens in Reinsaat lag hier aber signifikant höher als der der Erbse in Reinsaat mit im Mittel 19,2 dt TM ha⁻¹ (Abb. 5, Tab. A III). Das bedeutet, dass die Gemenge in der Summe immer einen ähnlich hohen Ertrag erzielten wie die bessere der beiden Reinsaaten, zum Teil wurde der Ertrag der besten Reinsaat absolut auch übertroffen (Standort Stöckendrebber im Jahr 2004). Die Standraumzuteilung hatte am Standort Deppoldshausen und bei den Ackerbohngemengen am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 keinen Einfluss auf die Höhe des Kornertrages der Summe der Arten im Gemenge. Am Reinshof und bei den Erbsengemengen am Standort Stöckendrebber wurde hingegen ein geringer Kornertrag in der Summe der Arten im Gemenge bei den Reihen-Streifen-Gemengen im Vergleich zu den Gemengen in Mischsaat ermittelt (Tab. A III).

Im Jahr 2005 erzielt der Weizen am Standort Reinshof in Reinsaaten mit nur 20 % Ausaatstärke mit im Mittel 33,7 dt TM ha⁻¹ tendenziell höhere Erträge als in der Reinsaat mit 300 K/m² mit im Mittel 30,4 dt TM ha⁻¹ (signifikant bei einem Reihenabstand von 15 cm, Tab. A I, Abb. 6). An den Standorten Stöckendrebber und Deppoldshausen lagen die Kornerträgen des Weizens aus den Normalsaaten (300 K/m²) mit im Mittel 26,7 und 18,6 dt TM ha⁻¹ tendenziell über den Dünnsaaten (60 K/m²) mit im Mittel 23,7 und 17,3 dt TM ha⁻¹ (nicht signifikant, Abb. 6, Tab. AI).

Der Ertrag des Weizens war an den Standorten Stöckendrebber und Deppoldshausen im Jahr 2005 in den Gemengen mit der Ackerbohne mit im Mittel 15,7 und 8,0 dt TM ha⁻¹ sowie in den Gemengen mit der Erbse mit im Mittel 14,6 und 12,8 dt TM ha⁻¹ in der Regel

signifikant geringer als in den Reinsaaten mit 20 % Saatstärke mit im Mittel 23,7 und 17,3 dt TM ha⁻¹. Am Standort Reinshof waren die Kornerträge des Weizens im Gemenge mit der Ackerbohne mit im Mittel 8,4 dt TM ha⁻¹ signifikant geringer als in der Reinsaat mit 20 % Saatstärke mit im Mittel 33,7 dt TM ha⁻¹. Im Gemenge mit der Erbse hingegen erzielte der Weizen mit im Mittel 30,7 dt TM ha⁻¹ statistisch nicht signifikant verschiedene Erträge wie in der Weizenreinsaat (Abb. 6, Tab. A I). Am Reinshof war die Erbse im Jahr 2005 aufgrund des Befalls mit der Grünen Erbsenblattlaus (*Acyrtosiphon pisum* Harris) und deren Übertragung des Scharfen Adermosaik-Virus (pea enation mosaic virus, PEMV) fast vollständig ausgefallen.

Der Vergleich der Körnerleguminosenart als Gemengepartner für den Weizen zeigte am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005 keinen Einfluss auf die Höhe des Kornertrages des Weizens. An den Standorten Reinshof und Deppoldshausen konnte hingegen im Gemenge mit der Erbse ein tendenziell höherer Kornertrag des Weizens als im Gemenge mit der Ackerbohne ermittelt werden (Tab. A I). Der Faktor Standraumzuteilung hatte an allen Standorten im Versuchsjahr 2005 in der Regel keinen Einfluss auf die Höhe des Kornertrages des Weizens. Die Reinsaaten mit nur 20 % Aussaatstärke erreichten am Standort Stöckendrebber bei 75 cm Reihenabstand signifikant geringere Weizenkornerträge als bei einem Abstand von 30 cm. An den Standorten Reinshof und Deppoldshausen bildeten die Gemenge mit Erbse im Jahr 2005 eine Ausnahme. Während am Standort Deppoldshausen der Weizen ebenfalls bei 75 cm Reihenabstand (Reihen-Streifen-Gemenge) signifikant geringere Kornerträge als in den anderen beiden Gemengevarianten erzielte, war dies am Standort Reinshof umgekehrt der Fall: Die Reihen-Streifen-Gemenge führten zu höheren Kornerträgen des Weizens als die Mischsaat (Abb. 6, Tab A I).

Die Höhe der Kornerträge der Leguminosen war an den Standorten Stöckendrebber und Deppoldshausen im Jahr 2005 in den Gemengen mit der Ackerbohne mit im Mittel 24,0 und 27,8 dt TM ha⁻¹ sowie in den Gemengen mit der Erbse mit im Mittel 26,8 und 7,0 dt TM ha⁻¹ tendenziell geringer als in den jeweiligen Reinsaaten (Ackerbohne im Mittel 39,8 und 36,7 dt TM ha⁻¹, Erbse im Mittel 34,6 und 13,2 dt TM ha⁻¹). Am Standort Stöckendrebber war dies bei der Ackerbohne signifikant. Ebenfalls tendenziell geringere Kornerträge wurden bei der Ackerbohne im Gemenge am Standort Reinshof mit im Mittel 36,6 dt TM ha⁻¹ im Vergleich zur Reinsaat der Ackerbohne mit im Mittel 47,6 dt TM ha⁻¹ geerntet, während bei der Erbse im Gemenge mit im Mittel 4,7 dt TM ha⁻¹ ähnlich hohe Erträge wie in der Erbsenreinsaat mit im Mittel 4,2 dt TM ha⁻¹ ermittelt wurden (Abb. 6, Tab. A II). Die A-

ckerbohne erzielte in der Regel an den Standorten Reinshof und Deppoldshausen im Jahr 2005 signifikant höhere Körnerträge als die Erbse. In Stöckendrebber erzielten beide Arten gleich hohe Erträge (Abb. 6, Tab. A II). Die Standraumzuteilung hatte auf allen drei Standorten im Jahr 2005 keinen Einfluss auf die Höhe des Körnertrages der Ackerbohne und Erbse im Gemenge mit dem Weizen. Eine Ausnahme bildeten hier die Gemenge der Erbse in Deppoldshausen. In Mischsaat wurden hier signifikant geringere Körnerträge der Erbse erreicht als in den beiden anderen Gemengevarianten (Tab. A II).

Der Vergleich der Mittelwerte des Körnertrages der Summe der Arten im Gemenge mit der Ackerbohne mit der optimalen Reinsaatstärke der jeweiligen Art ergab sich an allen drei Standorten im Jahr 2005 in der Regel ein signifikant geringerer Ertrag der Weizenreinsaat mit im Mittel 30,4, 26,7 und 18,9 dt TM ha⁻¹ (Reinshof, Stöckendrebber und Deppoldshausen) im Vergleich zu den Ackerbohngemengen mit im Mittel 45,0, 39,7 und 35,8 dt TM ha⁻¹. Die Gemengeerträge unterschieden sich nicht signifikant von den Erträgen der Ackerbohnenreinsaat mit im Mittel 47,6, 39,8 und 36,7 dt TM ha⁻¹ (Reinshof, Stöckendrebber und Deppoldshausen). Der Körnertrag der Summe der Arten im Gemenge mit der Erbse war am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005 mit im Mittel 41,4 dt TM ha⁻¹ tendenziell höher als der Ertrag der Erbsen in Reinsaat mit im Mittel 34,7 dt TM ha⁻¹ sowie der Weizenreinsaat mit im Mittel 26,7 dt TM ha⁻¹. An den Standorten Reinshof und Deppoldshausen hingegen lagen die Körnerträge der Erbsengemenge mit im Mittel 35,3 und 19,8 dt TM ha⁻¹ auf eine ähnlich hohem Niveau wie in den Weizenreinsaat mit im Mittel 30,4 und 18,9 dt TM ha⁻¹, jedoch signifikant höher als in den Reinsaat der Erbsen mit im Mittel 4,2 und 13,2 dt TM ha⁻¹ (Abb. 5, Tab. A III). Auch im zweiten Versuchsjahr erzielten die Gemenge in der Summe immer einen ähnlich hohen Ertrag wie die bessere der beiden Reinsaat, zum Teil wurde der Ertrag der besten Reinsaat auch übertroffen. Die Standraumzuteilung hatte an allen Standorten im Jahr 2005 in der Regel keinen Einfluss auf die Höhe des Gesamtkörnertrages des Gemenges. In Stöckendrebber wurde bei den Erbsengemengen ein signifikant höherer Körnertrag der Arten im Gemenge bei der Reihen-Streifen-Saat im Vergleich zu den Mischsaat ermittelt (Tab. A III).

Der Vergleich der Standorte ergab für den Körnertrag des Weizens im Mittel aller Varianten im Jahr 2004 am Standort Reinshof mit 29,1 dt TM ha⁻¹ signifikant höhere Erträge als am Standort Stöckendrebber mit 8,1 dt TM ha⁻¹ und Deppoldshausen mit 6,2 dt TM ha⁻¹. Der Körnertrag des Weizens lag am Standort Reinshof mit im Mittel aller Varianten mit 25,8 dt TM ha⁻¹ im Jahr 2005 tendenziell über dem Ertrag am Standort Stöckendrebber mit

im Mittel 20,2 dt TM ha⁻¹ sowie signifikant über dem Ertrag am Standort Deppoldshausen mit im Mittel 14,2 dt TM ha⁻¹ (Tab. A IV). Im Mittel über alle Varianten und Standorte erzielte der Weizen mit 20,1 dt TM ha⁻¹ im Jahr 2005 höhere Kornerträge als mit 14,5 dt TM ha⁻¹ im Jahr 2004.

Im Mittel aller Varianten erzielte die Ackerbohne im Jahr 2004 am Standort Reinshof mit 55,4 dt TM ha⁻¹ und am Standort Deppoldshausen mit 49,6 dt TM ha⁻¹ signifikant höhere Kornerträge als am Standort Stöckendrebber mit 24,5 dt TM ha⁻¹. Im Jahr 2005 lagen die Kornerträge der Ackerbohne im Mittel über alle Varianten mit 41,0 dt TM ha⁻¹ am Standort Reinshof nur tendenziell über den Erträgen am Standort Deppoldshausen mit 31,3 dt TM ha⁻¹ und Stöckendrebber mit 30,3 dt TM ha⁻¹ (Tab. A IV). Im Mittel über alle Varianten und Standorte erzielte die Ackerbohne mit 43,2 dt TM ha⁻¹ im Jahr 2004 höhere Kornerträge als mit 34,1 dt TM ha⁻¹ im Jahr 2005. Im Mittel aller Varianten erzielte die Erbse im Jahr 2004 am Standort Deppoldshausen mit 29,3 dt TM ha⁻¹ signifikant höhere Kornerträge als am Standort Stöckendrebber mit 17,3 dt TM ha⁻¹ und am Standort Reinshof mit 14,3 dt TM ha⁻¹. Im Jahr 2005 lagen die Kornerträge der Erbse im Mittel über alle Varianten mit 29,9 dt TM ha⁻¹ am Standort Stöckendrebber signifikant über den Erträgen am Standort Deppoldshausen mit 9,5 dt TM ha⁻¹ und Reinshof mit 4,5 dt TM ha⁻¹ (Tab. A IV). Im Mittel über alle Varianten und Standorte erzielte die Erbse mit 20,3 dt TM ha⁻¹ im Jahr 2004 höhere Kornerträge als mit 14,6 dt TM ha⁻¹ im Jahr 2005.

Im Mittel über alle Varianten konnten im Jahr 2004 am Standort Reinshof mit 61,1 dt TM ha⁻¹ signifikant höhere Gesamtkornerträge in der Summe der Arten im Gemenge aus Ackerbohne und Weizen als am Standort Deppoldshausen mit 48,2 dt TM ha⁻¹ festgestellt werden. Dieser unterschied sich wiederum signifikant vom Gesamtertrag der Ackerbohnenmenge mit 27,7 dt TM ha⁻¹ am Standort Stöckendrebber. Im Jahr 2005 unterschieden sich die Gesamtkornerträge im Mittel aller Ackerbohnenmengevarianten an den Standorten Reinshof mit 45,0 dt TM ha⁻¹, Stöckendrebber mit 39,7 dt TM ha⁻¹ und Deppoldshausen mit 35,8 dt TM ha⁻¹ nicht signifikant (Tab. A IV). Im Mittel über alle Varianten und Standorte erzielten die Ackerbohnenmenge in der Summe beider Arten mit 45,7 dt TM ha⁻¹ im Jahr 2004 höhere Kornerträge als mit 40,2 dt TM ha⁻¹ im Jahr 2005. Im Mittel über alle Varianten konnten im Jahr 2004 an den Standorten Reinshof mit 35,0 dt TM ha⁻¹ und Deppoldshausen mit 31,0 dt TM ha⁻¹ signifikant höhere Gesamtkornerträge in der Summe der Arten im Gemenge aus Erbse und Weizen als am Standort Stöckendrebber mit 21,5 dt TM ha⁻¹ festgestellt werden. Im Jahr 2005 unterschieden sich die Gesamtkorn-

erträge im Mittel aller Erbsengemengevarianten an den Standorten Stöckendrebber mit 41,4 dt TM ha⁻¹ und Reinshof mit 39,7 dt TM ha⁻¹ signifikant vom Ertrag am Standort Depoldshausen mit 19,8 dt TM ha⁻¹ (Tab. A IV). Im Mittel über alle Varianten und Standorte erzielten die Erbsengemenge in der Summe beider Arten mit 32,2 dt TM ha⁻¹ im Jahr 2005 höhere Kornerträge als mit 29,2 dt TM ha⁻¹ im Jahr 2004.

Relative Yield Total (RYT) der Kornerträge

Für die Gemenge werden häufig neben den absoluten Erträgen auch die relativen Erträge im Vergleich zu den Reinsaaterträgen der Arten ermittelt, um diese mit den Reinsaat zu vergleichen. Der Relative Gesamtertrag (Relative Yield Total, RYT) errechnet sich aus der Summe der relativen Erträge aller Gemengekomponenten, welche aus den Quotienten des Ertrages im Gemenge zum Ertrag in Reinsaat der jeweiligen Komponente bestehen (DE WIT 1960). Der RYT wird für die Bewertung einer komplementären Nutzung von Ressourcen im Gemenge herangezogen. Ist der RYT > 1 nutzen die Gemengepartner die Wachstumsfaktoren, z. B. Nährstoffe, Wasser und Licht komplementär, es gibt einen relativen Mehrertrag des Gemenges. Demgegenüber ist keine komplementäre Nutzung der Wachstumsfaktoren gegeben, wenn der RYT < 1 ist (DE WIT 1960, siehe auch HOF & RAUBER 2003).

Tab. 12: RYT der Kornerträge der Gemengevarianten an den drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005, a) Gemenge mit Ackerbohnen, b) Gemenge mit Erbsen

Standort Jahr	Reinshof		Stöckendrebber		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a)	↓ →	↓ →	↓ →	↓ →	↓ →	↓ →
WA15	1,22 a A	1,02 b A	1,40 a A	1,12 a A	0,94 a A	1,31 a A
WA30/30	1,07 ab A	1,19 a A	1,32 a A	1,14 a A	1,08 a A	1,00 a A
WA75/15	0,92 b B	0,88 c B	1,32 a AB	1,31 a AB	0,92 a AB	1,42 a A
b)	↓ →	↓ →	↓ →	↓ →	↓ →	↓ →
WE15	1,24 a A	n.e.	1,41 a A ¹⁾	1,19 b A	1,02 a A	1,08 a A
WE30/30	1,24 a A	n.e.	1,54 a A	1,26 ab A	1,28 a A	1,30 a A
WE75/15	1,29 a AB	n.e.	1,29 a AB ¹⁾	1,55 a A	0,88 a B	1,22 a AB

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, $\alpha = 0,05$; Vergleich der Mittelwerte zwischen der Reihenweite (kleine Buchstaben) sowie zwischen den Standorten und Jahren (große Buchstaben), Tukey-Test, n.e. = nicht ermittelbar aufgrund zu niedriger Erbsenerträge in Reinsaat; ¹⁾ n.T. 1/x

Die RYT-Werte des Kornertrages waren in der Regel größer als eins. Eine Ausnahme hiervon bildete das Reihen-Streifen-Gemenge mit Ackerbohne am Standort Reinshof in den Jahren 2004 und 2005 mit einem RYT von 0,92 und 0,88, welche sich signifikant von der Variante Mischsaat mit RYT-Werten von 1,22 und 1,02 unterschieden. Am Standort

Stöckendrebber wurde im Jahr 2005 ein signifikant höherer RYT-Wert des Reihen-Streifen-Gemenges mit Erbse mit im Mittel 1,55 im Vergleich zur Mischsaat mit Erbse mit im Mittel 1,19 ermittelt. In allen anderen Vergleichen der RYT-Werte der Kornerträge ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Die höchsten RYT-Werte des Kornertrages wurden bei den Ackerbohnen am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 und am Standort Deppoldshausen im Jahr 2005 mit im Mittel 1,35 und 1,24 errechnet. Für die Erbsengemenge war dies am Standort Stöckendrebber in den Jahren 2004 und 2005 mit im Mittel 1,41 und 1,33 der Fall. Signifikante Unterschiede wurden bei dem Vergleich der Mittelwerte zwischen den Standorten und Jahren nur bei den Reihen-Streifen-Gemengen festgestellt. In der Regel waren die RYT-Werte des Kornertrages in den Gemengen mit der Erbse höher als in den Gemengen mit der Ackerbohne (Tab. 12).

Verdrängungskoeffizienten k der Kornerträge

Die Verdrängungskoeffizienten des Weizens relativ zur Leguminose (k_{WL}) sowie der jeweiligen Leguminose relativ zum Weizen (k_{LW}) für substitutive Gemenge wurden nach DE WIT (1960) und DE WIT & VAN DEN BERGH (1965) berechnet. Dazu benötigt man die relativen Kornerträge der Gemengepartner, deren Summe den RYT ergeben, sowie die relativen Saatstärken des angebauten Gemenges (0,8 für die Leguminose und 0,2 für den Weizen). Durch weitere Berechnungen lassen sich Verdrängungskurven abbilden. Anhand des Konkurrenzmodells nach de Wit (1960) für Gemenge aus zwei Arten können die Beziehungen zwischen den Arten beschrieben werden. Ist der Verdrängungskoeffizient größer 1 so steigt der Ertrag mit zunehmender Saatstärke relativ stärker an als erwartet, die Verdrängungskurve ist konvex gebogen und dieser Gemengepartner wirkt verdrängend auf den anderen. Im umgekehrten Fall, der Verdrängungskoeffizient ist kleiner 1, steigt der Ertrag weniger stark als erwartet mit zunehmender Saatstärke, die Verdrängungskurve ist konkav gebogen und dieser Gemengepartner lässt sich verdrängen.

Die Verdrängungskoeffizienten des Weizens lagen in der Regel über eins und waren zudem größer als der jeweilige Verdrängungskoeffizient der Leguminose. Es zeigte sich die starke Verdrängungskraft des Getreides auf eine Körnerleguminose. Ausnahmen hiervon traten am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004 auf mit mittleren Verdrängungskoeffizienten des Weizens kleiner eins, d.h. zwischen 0,292 und 0,780 (Tab. 13).

Tab. 13: Mittlere Verdrängungskoeffizienten des Weizens relativ zu den Leguminosen (k_{WL}) und der Leguminosen relativ zum Weizen (k_{LW}) an den drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005

Standort Jahr Varianten	Reinshof				Stöckendrebber				Deppoldshausen			
	2004		2005		2004		2005		2004		2005	
	k_{WL}	k_{LW}	k_{WL}	k_{LW}	k_{WL}	k_{LW}	k_{WL}	k_{LW}	k_{WL}	k_{LW}	k_{WL}	k_{LW}
WA15	7.532	0.407	1,88	0,934	10.65	1.618	3.863	0.593	0.292	1.13	4.094	0.361
WA30/30	2.808	0.82	1,806	3,747	6.139	1.394	8.524	0.309	20.84	2.93	2.413	0.554
WA75/15	0.797	0.898	1,147	0,5	4.596	1.245	4.991	0.435	0.359	0.746	5.92	3.063
WE15	43.65	0.15	13,06	0,793	6.647	0.701	3.719	1.342	2.806	1.242	16.99	0.094
WE30/30	24.24	0.344	29,99	1,586	4.827	2.548	6.274	0.747	0.688	0.956	42.73	0.442
WE75/15	2.482	1.675	12,71	0,52	6.305	0.597	12.81	1.233	0.78	0.675	9.267	2.051

Der Weizen war in den Gemengen unzureichend aufgelaufen. Am Standort Reinshof im Jahr 2004 lag der Verdrängungskoeffizient des Weizens mit im Mittel 0,797 in der Variante WA75/15 ebenfalls unter eins. Offensichtlich war hier der Einfluss der Handsaaten des Weizens so groß. Der Weizen erzielte Verdrängungskoeffizienten zwischen 43,65 (WE15, Reinshof im Jahr 2004) und 0,688 (WE30/30, Deppoldshausen im Jahr 2004) im Gemenge mit der Erbse und zwischen 20,84 (WA30/30) und 0,292 (WA15, Deppoldshausen im Jahr 2004) im Gemenge mit der Ackerbohne. Die Konkurrenzkraft des Weizens auf die Körnerleguminose war somit bei den Erbsen größer als bei den Ackerbohnen. Für die Körnerleguminosen wurde häufig ein Verdrängungskoeffizient kleiner eins berechnet. Das heißt, die Körnerleguminose wurde verdrängt. Allerdings ließen die Leguminosen sich nicht im selben Maße verdrängen, wie der Weizen verdrängend wirkte: In diesen Fällen stellt sich ein RYT größer eins ein, ein relativer Mehrertrag des Gemenges gegenüber den Reinsaaten. Bei den Leguminosen traten ebenso Verdrängungskoeffizienten größer eins auf. Die Leguminosen wirkten verdrängend auf den Weizen, wenn auch in einem sehr viel geringem Maße als der Weizen auf die Leguminosen. In diesem Fällen ergibt sich ebenso ein RYT größer eins. Bei der Ackerbohne wurden mittlere Verdrängungskoeffizienten zwischen 3,747 (WA30/30, Deppoldshausen im Jahr 2004) und 0,309 (WA30/30, Stöckendrebber im Jahr 2005) und bei der Erbse zwischen 2,548 (WE30/30, Stöckendrebber im Jahr 2004) und 0,094 (WE15, Deppoldshausen im Jahr 2004) ermittelt. Folglich war die Ackerbohne etwas konkurrenzstärker als die Erbse im Gemenge mit dem Weizen (Tab. 13).

Sprossertrag

Zum ersten Beerntungstermin wurden am Standort Reinshof im Jahr 2004 im Mittel der Standraumzuteilung 2,8 und 0,8 dt Spross-TM ha⁻¹ des Weizens in den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie 0,4 und 0,4 dt Spross-TM ha⁻¹ des Weizens in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse ermittelt. Im Mittel der Anbauformen wurden 1,3, 1,2 und 0,8 dt Spross-TM ha⁻¹ des Weizens bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenweite beerntet (Abb. 7, Tab. A XII). Die Leguminosen erbrachten zu diesem Zeitpunkt im Mittel 0,6 und 0,9 dt TM ha⁻¹ (Ackerbohne und Erbse). Die Reinsaaten der Leguminosen unterschieden sich im Spross-TM-Ertrag nicht signifikant von den Gemengen (Abb. 7, Tab. A XVII). In der Summe der Arten im Gemenge wurden am Standort Reinshof im Jahr 2004 zur ersten Ernte in den Mischsaaten sowohl bei der Ackerbohne mit im Mittel 1,3 dt TM ha⁻¹ als auch bei der Erbse mit im Mittel 1,6 dt TM ha⁻¹ signifikant höhere Sprosserträge als im Mittel der alternierenden Reihen mit 0,9 und 1,1 dt TM ha⁻¹ und dem Reihen-Streifen-Gemenge mit im Mittel 0,9 und 1,0 dt TM ha⁻¹ festgestellt (Ackerbohne und Erbse; Abb. 7, Tab. XVIII). Der RYT der Sprosserträge betrug am Standort Reinshof im Jahr 2004 zur ersten Beerntung 1,3, 1,2, 1,2 bei den Ackerbohngemengen WA15, WA30/30 und WA75/15 und 1,2, 1,0 und 0,9 bei den Erbsengemengen WE15, WE30/30 und WE75/15. Die RYT-Werte unterschieden sich nicht signifikant voneinander (Tab. A XIX). Unkräuter wurden zur ersten Beerntung am Standort Reinshof nicht erfasst, da kurz zuvor eine Hackmaßnahme durchgeführt wurde (Abb. 7, Tab A XX).

Zur zweiten Beerntung wurden am Standort Reinshof im Mittel der Standraumzuteilung beim Weizen 81,7 und 69,4 dt TM ha⁻¹ Sprossertrag bei den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie 33,6 und 34,3 dt TM ha⁻¹ Sprossertrag bei den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse bestimmt. Im Mittel über die Anbauformen konnte der Weizen 66,1, 54,5 und 43,6 dt TM ha⁻¹ Sprossertrag bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand realisieren (Abb. 7, Tab. A XXII). Die Leguminosen erzielten zur zweiten Ernte am Standort Reinshof im Jahr 2004 in den Reinsaaten in der Regel signifikant höhere Erträge als in den Gemengen. Im Mittel wurden für die Ackerbohne 43,9 dt TM ha⁻¹ und für die Erbse 46,4 dt TM ha⁻¹ in Reinsaat und 30,9 und 30,4 dt TM ha⁻¹ für die Ackerbohne bzw. die Erbse im Gemenge ermittelt (Abb. 7, Tab. XXVII). In der Summe beider Partner im Gemenge war eine deutliche Abstufung in der Höhe der Sprosserträge mit im Mittel 79,8 dt TM ha⁻¹ (Ackerbohne und Weizen) und 74,2 dt TM ha⁻¹ (Erbse und Weizen) in den Mischsaaten, bei alternierenden Reihen mit im Mittel 63,0 und 63,0 dt TM ha⁻¹ und in den Reihen-Streifen-Gemengen mit im Mittel 50,8 und 57,1 dt TM ha⁻¹ festzustellen. Der Unterschied im Sprossertrag zwi-

schen Mischsaat und Reihen-Streifen-Gemenge war jeweils für die Ackerbohne bzw. die Erbse signifikant (Abb. 7, Tab. A XXVIII). Der RYT der Sprosserträge am Standort Reinshof lag im Jahr 2004 mit 1,3, 1,1 und 1,1 bei den Ackerbohngemengen (WA15, WA30/30 und WA75/15) und mit 1,1, 1,2 und 1,0 (WE15, WE30/30 und WE75/15) bei den Erbsengemengen bei ≥ 1 (Tab. A XXIX). Die Höhe der Unkrautbiomasse zur zweiten Beerntung schwankte zwischen 0,9 und 4,5 dt TM ha⁻¹ und war nicht normalverteilt (Abb. 7, Tab. A XXX).

Zur dritten Beerntung wurden am Standort Reinshof im Jahr 2004 im Mittel der Standortzuteilung beim Weizen 66,6 bzw. 61,4 dt TM ha⁻¹ Strohertrag bei den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie 26,8 und 33,2 dt TM ha⁻¹ Strohertrag bei den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse bestimmt. Im Mittel über die Anbauformen konnte der Weizen 53,6, 49,3 und 38,0 dt TM ha⁻¹ Strohertrag bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand realisieren (Abb. 7, Tab. A XXXII). Die Summe aus Korn und Strohertrag ergab für den Weizen im Mittel der Reihenweiten 103,3 und 103,4 dt TM ha⁻¹ Sprossertrag bei den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie 40,4 und 57,2 dt TM ha⁻¹ bei den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse. Im Mittel über die Anbauformen wurden 87,0, 79,4 und 61,9 dt TM ha⁻¹ Sprossertrag des Weizens bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand festgestellt (Abb. 7, Tab. A XLI). Die Leguminosen erzielten zur dritten Ernte am Standort Reinshof in den Reinsaaten mit im Mittel 69,3 und 30,9 dt TM ha⁻¹ signifikant höhere Stroherträge als in den Gemengen mit im Mittel 43,8 und 14,1 dt TM ha⁻¹ (Ackerbohne und Erbse; Abb. 7, Tab. A XXXVII). Die Summe aus Korn und Strohertrag ergab bei den Leguminosen mit im Mittel 136,6 und 50,1 dt TM ha⁻¹ signifikant höhere Sprosserträge in den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten als in den Gemengen mit im Mittel 91,3 und 25,1 dt TM ha⁻¹ Sprossertrag (Ackerbohne und Erbse, Abb. 7, Tab. A XLVI). Die Berechnungen der Stroherträge in der Summe der Arten im Gemenge am Standort Reinshof ergaben für die Ackerbohngemenge mit im Mittel 78,5, 69,8 und 63,7 dt TM ha⁻¹ (WA15, WA30/30 und WA75/15) keine signifikanten Unterschiede, während die Mischsaaten der Erbse mit 57,4 dt TM ha⁻¹ signifikant höhere Stroherträge erzielten als die Reihen-Streifen-Gemenge der Erbse mit im Mittel 34,5 dt TM ha⁻¹ (Abb. 7, Tab. A XXXVIII). Für die Gesamtsprosserträge (Korn + Stroh) wurden in der Summe der Arten im Gemenge im Mittel 143,1, 130,2 und 121,8 dt TM ha⁻¹ bei den Ackerbohngemengen sowie 95,8, 87,9 und 63,3 dt TM ha⁻¹ bei den Erbsengemenge jeweils in der Mischsaat, alternierenden Reihen sowie Reihen-Streifen-Gemenge ermittelt. Dabei unterschieden sich die Mischsaaten jeweils signifikant von den Reihen-Streifen-Gemengen (Abb. 7, Tab. A XLVII). Die RYT-Werte der Stroh- und Gesamtspross-

erträge der Gemenge mit Ackerbohne und Erbse unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Sie lagen am Standort Reinshof im Jahr 2004 zwischen 0,9 und 1,2 (Tab. A XXXIX und A XLVIII). Zur Kornreife wurden am Standort Reinshof zwischen 0,7 und 14,5 dt TM ha⁻¹ Unkräuter beerntet mit tendenziell höheren Unkrautbiomassen in den Erbsenreinsaaten (Abb. 7, Tab. A XLIX).

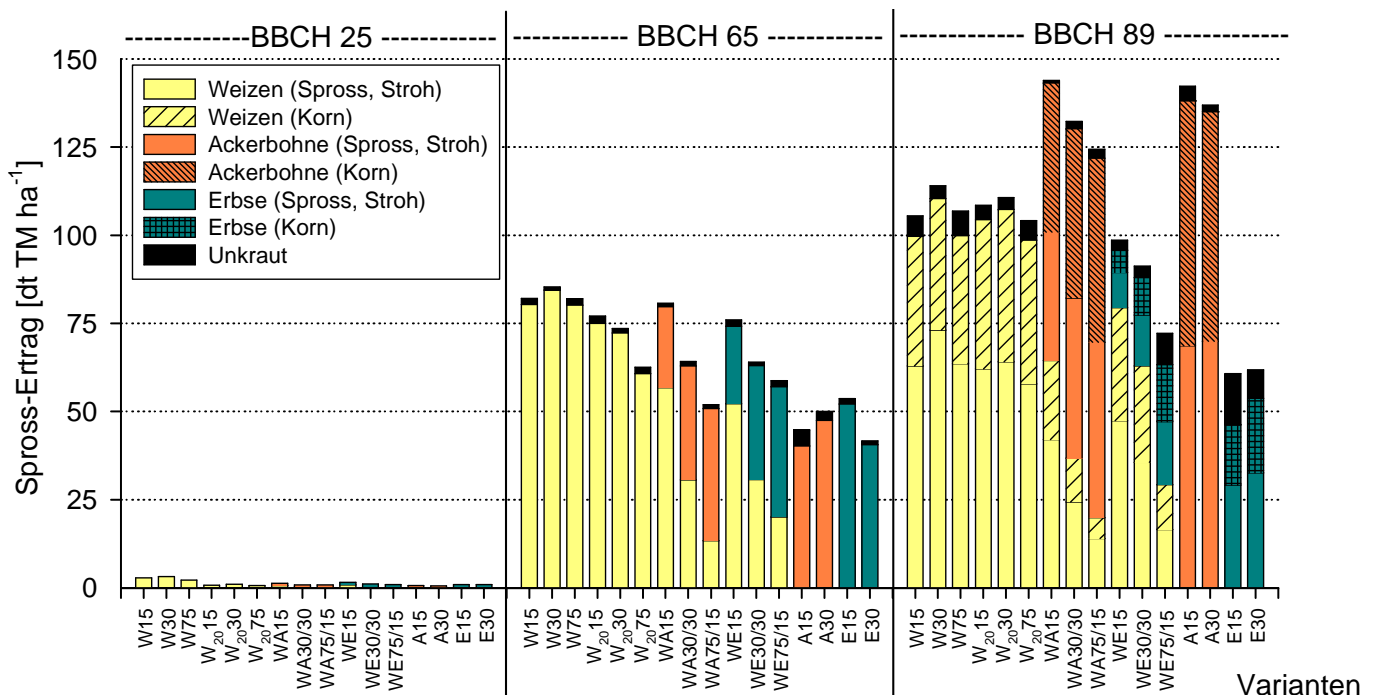


Abb. 7: Sprossertrag der Kulturpflanzen sowie der Unkräuter in den Prüfgliedern zu den drei Beerntungsterminen am Standort Reinshof im Jahr 2004

Zum ersten Beerntungstermin wurden am Standort Reinshof im Jahr 2005 im Mittel der Standraumzuteilung 5,2 und 1,6 dt Spross-TM ha⁻¹ des Weizens in den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie 1,7 und 2,0 dt Spross-TM ha⁻¹ des Weizens in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse ermittelt. Im Mittel der Anbauformen wurden 2,7, 2,9 und 2,3 dt Spross-TM ha⁻¹ des Weizens bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand beerntet (Abb.8, Tab. A XV). Die Leguminosen erbrachten zu diesem Zeitpunkt im Mittel 1,8 und 1,7 dt TM ha⁻¹ (Ackerbohne und Erbse). Die Reinsaaten der Leguminosen unterschieden sich hierbei nicht signifikant von den Gemengen (Abb. 8, Tab. A XVII). In der Summe der Arten im Gemenge wurden am Reinshof zur ersten Ernte keine signifikanten Unterschiede der Sprosserträge zwischen den Standraumzuteilungen in den Mischsaaten mit im Mittel 3,3 und 3,5 dt TM ha⁻¹, den alternierenden Reihen mit im Mittel 3,2 und 3,6 dt TM ha⁻¹ und den Reihen-Streifen-Gemengen mit im Mittel 3,6 und 3,8 dt TM ha⁻¹ festgestellt (Ackerbohne und Erbse; Abb. 8, Tab. XVIII). Der RYT der Sprosserträge betrug am Standort

Reinshof im Jahr 2005 zur ersten Beerntung 1,1, 1,0 und 1,4 bei den Ackerbohnenmengen WA15, WA30/30 und WA75/15 und 1,2, 1,3 und 1,5 bei den Erbsenmengen WE15, WE30/30 und WE75/15. Die RYT-Werte unterschieden sich bei den Erbsenmengen nicht signifikant voneinander; bei den Ackerbohnenmengen lag die Variante WA75/15 signifikant über der Variante WA30/30 (Tab. A XIX). Zur ersten Ernte im Jahr 2005 wurden signifikante Unterschiede zwischen den Unkrautbiomasseerträgen der Variante E15 (höchste Unkrautbiomasse) und den Varianten W75 sowie WE75/15 am Standort Reinshof festgestellt. Allerdings waren die Unkrauterträge mit im Mittel zwischen 0,6 und 1,8 dt TM ha⁻¹ sehr gering (Abb. 8, Tab. A XX).

Zur zweiten Beerntung wurden am Standort Reinshof im Mittel der Standraumzuteilungen beim Weizen 66,7 und 58,1 dt TM ha⁻¹ bei den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie 33,2 und 55,1 dt TM ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse bestimmt. Im Mittel über die Anbauformen konnte der Weizen 53,7, 53,9 bzw. 52,3 dt TM ha⁻¹ Sprossertrag bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand realisieren (Abb. 8, Tab. A XXV). Die Leguminosen erzielten zur zweiten Ernte am Standort Reinshof in den Reinsaaten in der Regel signifikant höhere Erträge als in den Gemengen. Im Mittel wurden bei der Ackerbohne 64,7 dt TM ha⁻¹ und der Erbse 39,3 dt TM ha⁻¹ in Reinsaat und 43,8 und 19,2 dt TM ha⁻¹ bei der Ackerbohne bzw. Erbse im Gemenge ermittelt (Abb. 8, Tab. XXVII). In der Summe der Arten wurde im Gemenge in den Mischsaaten im Mittel 79,6 und 68,6 dt TM ha⁻¹, in den alternierenden Reihen im Mittel 80,2 und 68,9 dt TM ha⁻¹ Sprossertrag und in den Reihenstreifen-Gemengen im Mittel 71,0 und 85,4 dt TM ha⁻¹ jeweils bei Ackerbohne bzw. Erbse festgestellt. Den signifikant niedrigsten Ertrag erzielte bei den Ackerbohnenmengen die Variante WA75/15. Den signifikant höchsten Ertrag erzielte bei den Erbsenmengen Variante WE75/15 (Abb. 8, Tab. A XXVIII). Der RYT der Sprosserträge am Standort Reinshof im Jahr 2005 zur zweiten Beerntung lag mit 1,2, 1,3 und 1,1 bei den Ackerbohnenmengen (WA15, WA30/30 und WA75/15) und mit 1,2, 1,2 und 1,6 bei den Erbsenmengen (WE15, WE30/30 und WE75/15) stets über 1 (Tab. A XXIX). Die Höhe der Unkrautbiomasse zur zweiten Beerntung schwankte zwischen 1,9 und 7,4 dt TM ha⁻¹ mit den höchsten Unkrautbiomassen in den Erbsenreinsaaten (Abb. 8, Tab. A XXX).

Zur dritten Beerntung wurden am Standort Reinshof im Jahr 2005 im Mittel der Standraumzuteilung beim Weizen 50,5 bzw. 52,0, dt TM ha⁻¹ Strohertrag bei den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie 26,2 und 42,6 dt TM ha⁻¹ Strohertrag in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse bestimmt. Im Mittel über die Anbauformen konnte der Weizen 44,4,

42,0 und 41,8 dt TM ha⁻¹ Strohertrag bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand realisieren (Abb. 8, Tab. A XXXV). In der Summe aus Korn- und Strohertrag ergaben sich für den Weizen im Mittel der Standraumzuteilung 80,5 und 85,7 dt TM ha⁻¹ bei den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten und 34,6 und 73,3 dt TM ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse. Im Mittel über die Anbauformen wurden 70,1, 66,9 und 68,5 dt TM ha⁻¹ Sprossertrag des Weizens bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand festgestellt (Abb. 8, Tab. A XLIV). Die Leguminosen erzielten zur dritten Ernte im Jahr 2005 am Standort Reinshof in den Reinsaaten mit im Mittel 70,5 und 21,8 dt TM ha⁻¹ signifikant höhere Stroherträge als in den Gemengen mit im Mittel 48,4 und 8,3 dt TM ha⁻¹ (Ackerbohne und Erbse; Abb. 8, Tab. A XXXVII). In der Summe aus Korn- und Strohertrag ergaben sich für die Leguminosen mit im Mittel 118,1 und 26,0 dt TM ha⁻¹ signifikant höhere Sprosserträge in den Reinsaaten als in den Gemengen mit im Mittel 85,0 und 12,9 dt TM ha⁻¹ Sprossertrag (Ackerbohne und Erbse, Abb. 8, Tab. A XLVI). Die Stroherträge in der Summe der Arten im Gemenge betragen bei den Gemengen mit der Ackerbohne im Mittel 74,5, 78,0 und 71,3 dt TM ha⁻¹ (WA15, WA30/30 und WA75/15) sowie bei den Gemengen mit der Erbse im Mittel 48,4, 47,6 und 56,6 dt TM ha⁻¹ (Abb. 8, Tab. A XXXVIII). Signifikante Unterschiede zwischen den Standraumzuteilungen waren nicht zu verzeichnen.

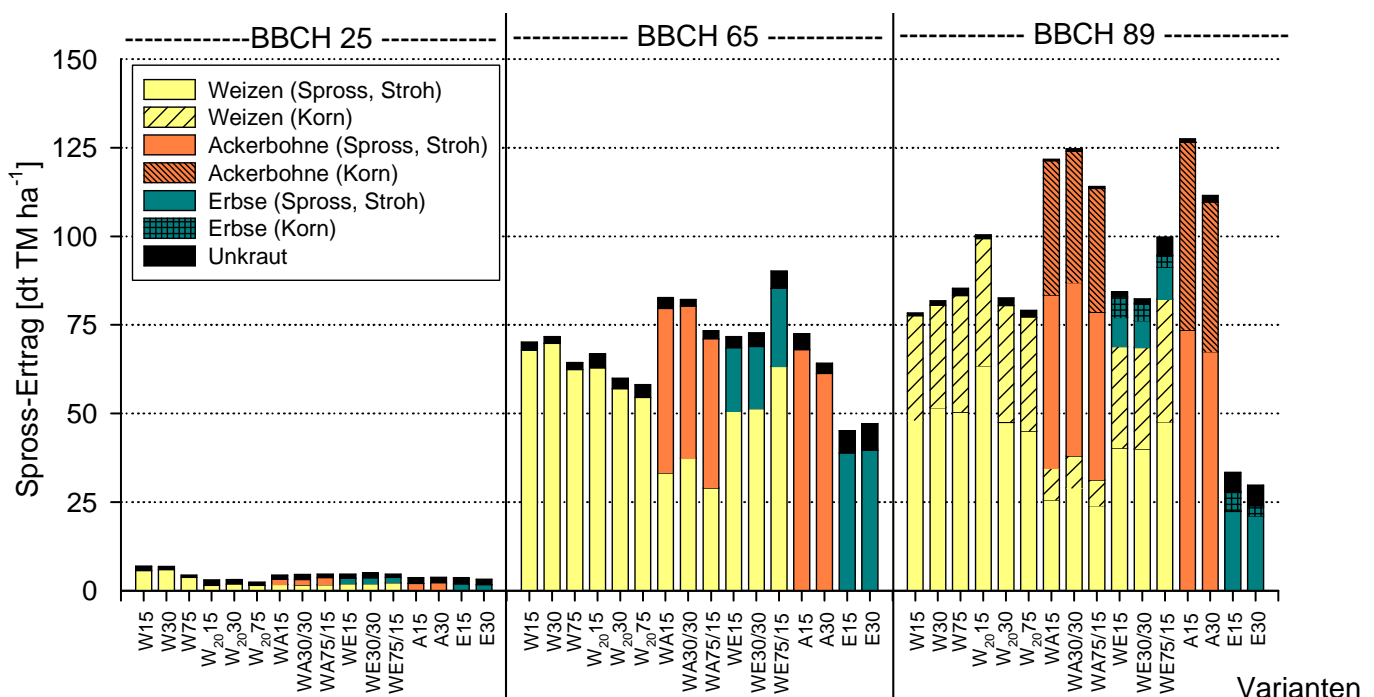


Abb. 8: Sprossertrag der Kulturpflanzen sowie der Unkräuter in den Prüfgliedern zu den drei Beerntungsterminen am Standort Reinshof im Jahr 2005

Die Gesamtsprosserträge (Korn + Stroh) betragen in der Summe der Arten im Gemenge mit im Mittel 121,3, 124,0 und 113,6 dt TM ha⁻¹ bei den Ackerbohngemengen sowie 82,9, 81,1 und 94,6 dt TM ha⁻¹ bei den Erbsengemengen jeweils für die Mischsaat, alternierende Reihen sowie Reihen-Streifen-Gemenge. Signifikante Unterschiede bestanden hinsichtlich der Standraumzuteilung innerhalb der Art nicht (Abb. 8, Tab. A XLVII). Die RYT-Werte der Stroh- und Gesamtsprosserträge der verschiedenen Gemenge mit Ackerbohne oder Erbse unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Sie lagen zwischen 1,0 und 1,5 (Tab. A XXXIX und A XLVIII). Zur Kornreife wurden am Standort Reinshof im Jahr 2005 zwischen 0,5 und 5,9 dt TM ha⁻¹ an Unkrautsprossmasse beerntet mit tendenziell höheren Unkrautbiomassen in den Erbsenreinsaaten (Abb. 8, Tab. A XLIX).

Zum ersten Beerntungstermin wurden am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 im Mittel der Standraumzuteilung 1,9 und 0,5 dt Spross-TM ha⁻¹ des Weizens in den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie 0,5 und 0,5 dt Spross-TM ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse ermittelt. Im Mittel der Anbauformen wurden 1,0, 0,8 und 0,7 dt Spross-TM ha⁻¹ des Weizens bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand beerntet (Abb. 9, Tab. A XI). Die Leguminosen erbrachten zu diesem Zeitpunkt im Mittel der Reinsaaten 1,0 und 1,1 dt TM ha⁻¹ und im Mittel der Gemenge 0,8 und 0,7 dt TM ha⁻¹ (Ackerbohne und Erbse). Die Reinsaaten der Erbse unterschieden sich hierbei im Sprossertrag signifikant vom Ertrag der Erbse im Gemenge (Abb. 9, Tab. A XVII). In der Summe der Arten im Gemenge wurden am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 zur ersten Ernte keine signifikanten Unterschiede der Sprosserträge zwischen den Varianten der Standraumzuteilung in den Mischsaaten mit im Mittel 1,4 und 1,3 dt TM ha⁻¹, den alternierenden Reihen mit im Mittel 1,2 und 1,1 dt TM ha⁻¹ und den Reihen-Streifen-Gemengen mit im Mittel 1,1 und 1,1 dt TM ha⁻¹ festgestellt (Ackerbohne und Erbse; Abb. 9, Tab. XVIII). Der RYT der Sprosserträge betrug am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 zur ersten Beerntung 1,1, 1,0 und 1,0 bei den Ackerbohngemengen WA15, WA30/30 und WA75/15 und 1,0, 0,9 und 0,9 bei den Erbsengemengen WE15, WE30/30 und WE75/15. Die RYT-Werte unterschieden sich nicht signifikant voneinander (Tab. A XIX). Unkräuter wurden zur ersten Beerntung am Standort Stöckendrebber 2004 nicht erfasst, da kurz zuvor eine Hackmaßnahme durchgeführt wurde (Abb. 9, Tab. A XX).

Zur zweiten Beerntung wurden am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 im Mittel der Standraumzuteilung beim Weizen 38,7 und 32,6, dt TM ha⁻¹ bei den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie 23,4 und 18,0 dt TM ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse

bestimmt. Alle mittleren Erträge der Anbauformen unterschieden sich signifikant voneinander. Im Mittel über die Anbauformen konnte der Weizen 28,5, 27,9 und 28,1 dt TM ha⁻¹ Sprossertrag bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand realisieren (nicht signifikant verschieden, Abb. 9, Tab. A XXI). Die Leguminosen erzielten zur zweiten Ernte am Standort Stöckendrebber in den Reinsaaten tendenziell höhere Erträge als in den Gemengen. Im Mittel wurden bei der Ackerbohne 24,8 dt TM ha⁻¹ und der Erbse 58,7 dt TM ha⁻¹ in Reinsaat und 22,0 bzw. 43,0 dt TM ha⁻¹ im Gemenge ermittelt (Abb. 9, Tab. XXVII). In der Summe des Sprossertrages der Gemengepartner wurden in den Mischsaaten im Mittel 44,2 und 61,4 dt TM ha⁻¹, in den alternierenden Reihen im Mittel 46,5 und 60,7 dt TM ha⁻¹ und in den Reihen-Streifen-Gemengen im Mittel 45,7 und 61,1 dt TM ha⁻¹ bei Ackerbohne bzw. Erbse festgestellt (nicht signifikant verschieden zwischen den Standraumzuteilungen, Abb. 9, Tab. A XXVIII). Der RYT der Sprosserträge im Jahr 2004 am Standort Stöckendrebber lag zur zweiten Beerntung mit 1,4, 1,6 und 1,5 bei den Ackerbohngemengen (WA15, WA30/30 und WA75/15) und mit 1,2, 1,2 und 1,2 bei den Erbsengemengen (WE15, WE30/30 und WE75/15) bei über 1 (Tab. A XXIX). Die Höhe der Unkrautbiomasse zur zweiten Beerntung schwankte zwischen 0,5 und 3,8 dt TM ha⁻¹ (Abb. 9, Tab. A XXX).

Zur dritten Beerntung wurden am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 im Mittel der Standraumzuteilung für den Weizen 26,7 und 22,3 dt TM ha⁻¹ Strohertrag bei den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie 13,9 und 14,3 dt TM ha⁻¹ Strohertrag in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse bestimmt. Die 100 % Reinsaaten lagen dabei signifikant über den 20 % Reinsaaten, während die Gemenge mit Ackerbohne und Erbse signifikant geringere Stroherträge als alle Reinsaaten erzielten. Im Mittel über die Anbauformen konnte der Weizen 19,1, 19,0 und 19,7 dt TM ha⁻¹ Strohertrag bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand realisieren (nicht signifikant verschieden, Abb. 9, Tab. A XXXI). In der Summe des Korn- und Strohertrages ergab sich für den Weizen im Mittel der Standraumzuteilung 34,7 und 33,1 dt TM ha⁻¹ Sprossertrag bei den 100% bzw. 20 % Reinsaaten sowie 22,0 und 19,5 dt TM ha⁻¹ bei den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse. Im Mittel über die Anbauformen wurden 27,3, 26,8 und 27,9 dt TM ha⁻¹ Sprossertrag des Weizens bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand festgestellt (Abb. 9, Tab. A XL). Die Leguminosen erzielten zur dritten Ernte am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 in den 100% bzw. 20 % Reinsaaten mit im Mittel 30,8 und 22,0 dt TM ha⁻¹ tendenziell höhere Stroherträge als in den Gemengen mit im Mittel 26,7 und 14,9 dt TM ha⁻¹ (Ackerbohne und Erbse; Abb. 9, Tab. A XXXVII). In der Summe aus Korn- und Strohertrag ergaben sich für die Leguminosen mit im Mittel 58,0 und 40,9 dt TM ha⁻¹ tendenziell höhere Sprosserträge in den Reinsaaten als

in den Gemengen mit im Mittel 49,3 und 31,0 dt TM ha⁻¹ (Ackerbohne und Erbse, Abb. 9, Tab. A XLVI). Die Berechnungen der Stroherträge in der Summe der Arten im Gemenge am Standort Stöckendrebber 2004 ergaben für die Ackerbohnergemenge mit im Mittel 42,1, 39,7 und 40,0 dt TM ha⁻¹ (WA15, WA30/30 und WA75/15) sowie für die Erbsengemenge mit im Mittel 28,6, 30,8 und 27,9 dt TM ha⁻¹ keine signifikanten Unterschiede zwischen den Standraumzuteilungen (Abb. 9, Tab. A XXXVIII). Die Gesamtsprosserträge (Korn + Stroh) in der Summe der Arten im Gemenge mit im Mittel 70,5, 66,9 und 67,4 dt TM ha⁻¹ bei den Ackerbohnergemengen sowie 49,4, 55,9 und 46,4 dt TM ha⁻¹ bei den Erbsengemengen jeweils in Mischsaat, alternierenden Reihen sowie Reihen-Streifen-Gemenge waren nicht signifikant unterschiedlich im Hinblick auf den Faktor Standraumzuteilung (Abb. 9, Tab. A XLVII). Die RYT-Werte der Stroh- und Gesamtsprosserträge der Gemenge am Standort Stöckendrebber unterschieden sich nicht signifikant voneinander jeweils in der Gruppe der Gemenge mit der Ackerbohne bzw. der Erbse. Sie lagen zwischen 1,2 und 1,5 (Tab. A XXXIX und A XLVIII). Zur Kornreife wurden am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 zwischen 1,5 und 9,9 dt TM ha⁻¹ Sprossmasse an Unkräutern beerntet mit tendenziell höheren Unkrautbiomassen in den 20 % Weizenreinsaaten (Abb. 9, Tab. A XLIX).

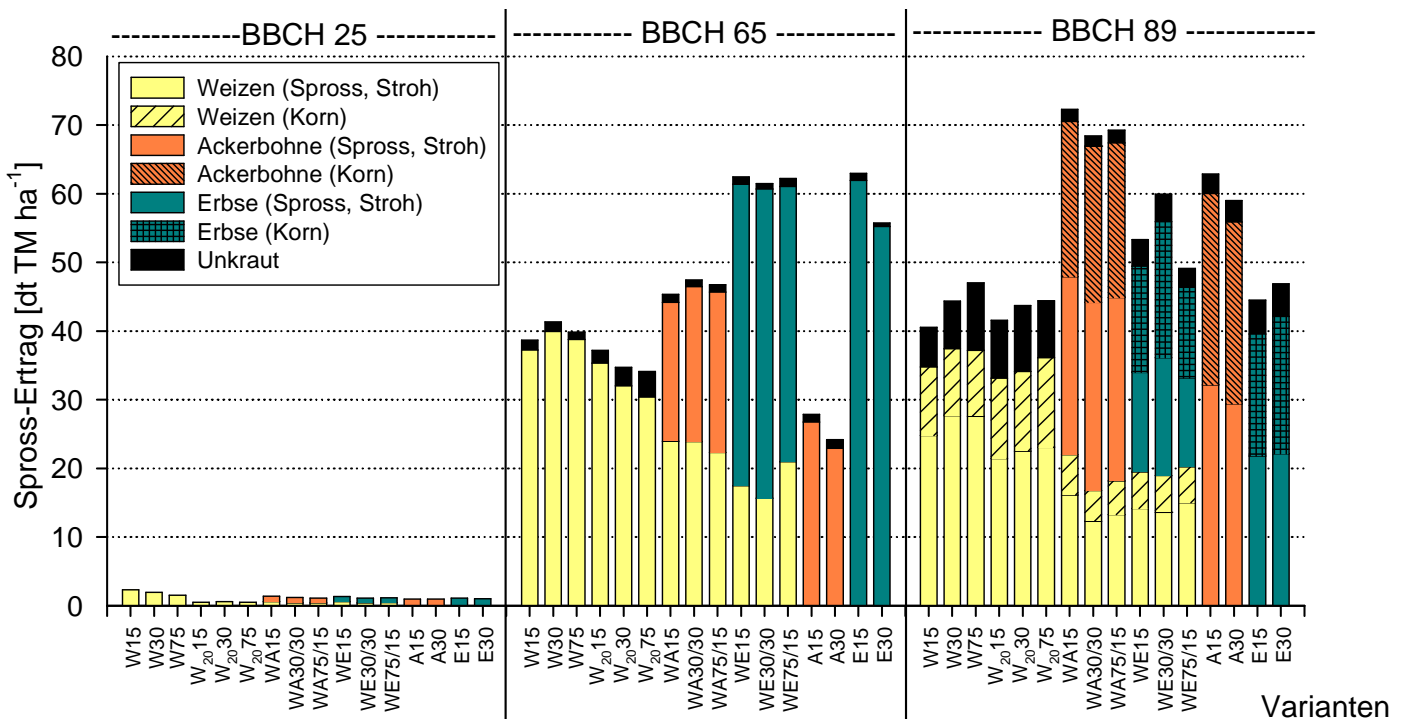


Abb. 9: Sprossertrag der Kulturpflanzen sowie der Unkräuter in den Prüfgliedern zu den drei Beerntungsterminen am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004

Zum ersten Beerntungstermin wurden am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005 im Mittel der Standraumzuteilung 3,7 und 1,3 dt Spross-TM ha⁻¹ des Weizens in den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie 1,2 und 1,2 dt Spross-TM ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse ermittelt. Im Mittel der Anbauformen wurden 2,1, 2,0 und 1,4 dt Spross-TM ha⁻¹ des Weizens bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand beerntet (Abb. 10, Tab. A XIV). Die Leguminosen erbrachten zu diesem Zeitpunkt im Mittel der Reinsaaten 0,9 und 1,2 dt TM ha⁻¹ und im Mittel der Gemenge 0,6 und 1,0 dt TM ha⁻¹ (Ackerbohne und Erbse; Abb. 10, Tab. A XVII). In der Summe der Arten im Gemenge wurden am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005 zur ersten Ernte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Standraumzuteilungen der Sprosserträge in den Mischsaaten mit im Mittel 1,9 und 2,1 dt TM ha⁻¹, den alternierenden Reihen mit im Mittel 1,9 und 2,4 dt TM ha⁻¹ und den Reihen-Streifen-Gemengen mit im Mittel 1,5 und 2,0 dt TM ha⁻¹ festgestellt (Ackerbohne und Erbse; Abb. 10, Tab. XVIII). Der RYT der Sprosserträge betrug am Standort Stöckendrebber zur ersten Beerntung 1,2, 0,9 und 1,2 bei den Ackerbohngemengen WA15, WA30/30 und WA75/15 und 1,1, 1,3 und 1,2 bei den Erbsengemengen WE15, WE30/30 und WE75/15. Die RYT-Werte unterschieden sich nicht signifikant voneinander (Tab. A XIX). Zur ersten Ernte wurden signifikante Unterschiede in den Unkrautbiomasseerträgen zwischen der Variante A30 (höchste Unkrautbiomasse) und allen Gemengen sowie den Weizenreinsaaten W15, W75, W₂₀15 und W₂₀75 festgestellt. Allerdings waren die Unkrauterträge mit im Mittel zwischen 0,2 und 0,8 dt TM ha⁻¹ insgesamt sehr gering (Abb. 10, Tab. A XX).

Zum zweiten Beerntungstermin wurden am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005 im Mittel der Standraumzuteilung beim Weizen 57,7 und 49,3 dt TM ha⁻¹ bei den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie 35,3 und 34,0 dt TM ha⁻¹ bei den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse bestimmt. Im Mittel über die Anbauformen konnte der Weizen einen Sprossertrag von 46,9, 46,5 und 38,8 dt TM ha⁻¹ bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand realisieren (Abb. 10, Tab. A XXI). Die Leguminosen erzielten zur zweiten Ernte am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005 in den Reinsaaten signifikant höhere Erträge als in den Gemengen. Im Mittel wurden bei der Ackerbohne 47,9 dt TM ha⁻¹ und der Erbse 78,3 dt TM ha⁻¹ in Reinsaat und 28,4 und 50,9 dt TM ha⁻¹ bei der Ackerbohne bzw. Erbse im Gemenge ermittelt (Abb. 10, Tab. XXVII). Der Gesamtsprossertrag des Gemenges betrug in den Mischsaaten im Mittel 69,4 bzw. 87,9 dt TM ha⁻¹, in den alternierenden Reihen im Mittel 64,1 bzw. 85,3 dt TM ha⁻¹ und in den Reihen-Streifen-Gemengen im Mittel 57,4 bzw. 81,6 dt TM ha⁻¹ jeweils für die Ackerbohne bzw. die Erbse (nicht signifikant verschieden zwi-

schen den Standraumzuteilungen, Abb. 10, Tab. A XXVIII). Der RYT der Sprosserträge am Standort Stöckendrebber zur zweiten Beerntung im Jahr 2005 lag mit 1,3, 1,1 und 1,2 bei den Ackerbohngemengen (WA15, WA30/30 und WA75/15) und mit 1,3, 1,2 und 1,2 bei den Erbsengemengen (WE15, WE30/30 und WE75/15) bei über 1 (Tab. A XXIX). Die Höhe der Unkrautbiomasse zur zweiten Beerntung schwankte zwischen 6,2 und 13,8 dt TM ha⁻¹ mit in der Regel höheren Unkrautbiomassen in den Leguminosenreinsaaten und den 20 % Weizenreinsaaten (Abb. 10, Tab. A XXX).

Zur dritten Beerntung wurden am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005 im Mittel der Standraumzuteilung beim Weizen ein Strohertrag von 35,9 und 33,9 dt TM ha⁻¹ in den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten und 27,8 und 22,5 dt TM ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse bestimmt. Dabei unterschieden sich alle Reinsaaten signifikant von den Gemengen. In den Gemengen mit der Ackerbohne wurden signifikant höhere Weizenstroherträge erreicht als in den Gemengen mit der Erbse. Im Mittel über die Anbauformen konnte der Weizen mit 31,2 und 32,8 dt TM ha⁻¹ bei 15 cm und 30 cm Reihenabstand signifikant höhere Stroherträge als bei 75 cm Reihenabstand mit 26,2 dt TM ha⁻¹ realisieren (Abb. 10, Tab. A XXXIV). In der Summe aus Korn- und Strohertrag ergaben sich beim Weizen im Mittel der Reihenweiten Sprosserträge von 62,3 und 58,1 dt TM ha⁻¹ bei den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie 43,5 und 35,2 dt TM ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse. Dabei erzielten die Reinsaaten signifikant höhere Gesamtsprosserträge als die Gemenge. Im Mittel über die Anbauformen wurden 50,1, 54,9 und 44,3 dt TM ha⁻¹ Sprossertrag des Weizens bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand festgestellt, wobei sich der Ertrag im Mittel bei 30 cm Reihenweite signifikant vom Ertrag bei 75 cm Reihenweite unterschied (Abb. 10, Tab. A XLIII). Die Leguminosen erzielten zur dritten Ernte am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005 in den Reinsaaten mit im Mittel 41,8 und 26,8 dt TM ha⁻¹ signifikant höhere Stroherträge als in den Gemengen mit im Mittel 25,4 und 19,4 dt TM ha⁻¹ (Ackerbohne und Erbse; Abb. 10, Tab. A XXXVII). Korn- und Strohertrag ergaben in der Summe bei den Leguminosen im Mittel 81,5 und 61,5 dt TM ha⁻¹ signifikant (Ackerbohne) bzw. tendenziell (Erbse) höhere Sprosserträge in den Reinsaaten als in den Gemengen mit im Mittel 49,4 und 46,2 dt TM ha⁻¹ (Ackerbohne und Erbse, Abb. 10, Tab. A XLVI). Die Summe der Stroherträge der Arten im Gemenge lagen am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005 bei den Ackerbohngemengen im Mittel bei 56,4, 55,4 und 48,0 dt TM ha⁻¹ (WA15, WA30/30 und WA75/15) sowie bei den Erbsengemenge im Mittel bei 34,0, 43,6 und 42,5 dt TM ha⁻¹ und waren zwischen den Standraumzuteilungen nicht signifikant verschieden (Abb. 10, Tab. A XXXVIII). Die Gesamtsprosserträge (Korn +

Stroh) der Arten im Gemenge betragen im Mittel der Standraumzuteilungen 96,1, 94,4 und 88,4 dt TM ha⁻¹ bei den Ackerbohnergemengen sowie 71,4, 85,7 und 87,1 dt TM ha⁻¹ bei den Erbsengemenge jeweils für die Mischsaat, alternierende Reihen sowie Reihen-Streifen-Gemenge. Signifikanten Unterschiede waren nur zwischen der Variante WE15 und WE75/15 vorhanden (Abb. 10, Tab. A XLVII). Die RYT-Werte der Stroh- und Gesamt-sprosserträge der Ackerbohnergemenge unterschieden sich nicht signifikant, während in der Variante WE15 signifikant geringere RYT-Werte der Stroh- und Gesamt-sprosserträge als die beiden anderen Erbsengemengen zu verzeichnen waren. Die entsprechenden RYT-Werte lagen am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005 zwischen 1,2 und 1,6 (Tab. A XXXIX und A XLVIII). Zur Kornreife wurden am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005 zwischen 5,7 und 22,1 dt TM ha⁻¹ Sprossmasse an Unkräutern in den Beständen ermittelt, wobei tendenziell höhere Unkrautbiomassen in den 20 % Weizenreinsaaten sowie den Erbsenreinsaaten vorhanden waren (Abb. 10, Tab. A XLIX).

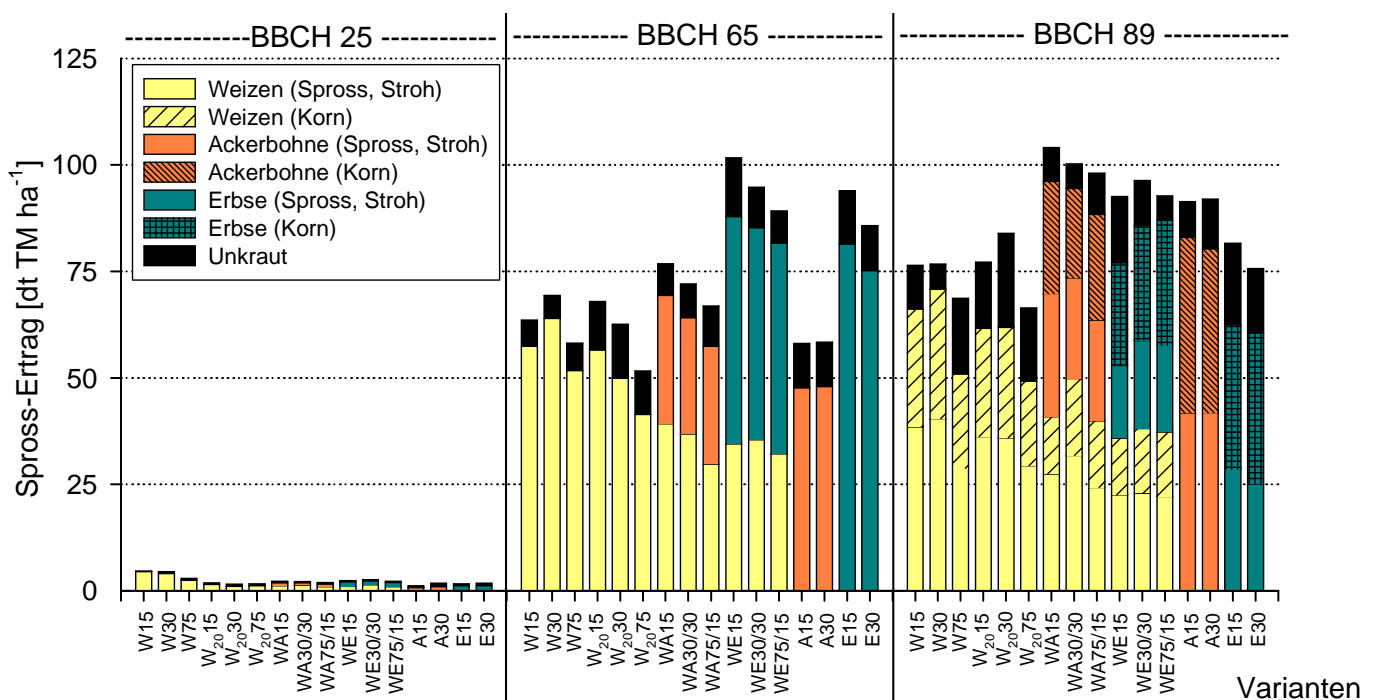


Abb. 10: Sprossertrag der Kulturpflanzen sowie der Unkräuter in den Prüfgliedern zu den drei Beerntungsterminen am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005

Zum ersten Beerntungstermin wurden am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004 im Mittel der Standraumzuteilung 1,1 und kleiner 0,1 dt Spross-TM ha⁻¹ des Weizens in den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie 0,1 und 0,1 dt Spross-TM ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse ermittelt. Im Mittel der Anbauformen wurden 0,3, 0,3 und 0,4 dt Spross-TM ha⁻¹ des Weizens bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenweite beerntet (Abb. 11,

Tab. A XIII). Die Leguminosen erbrachten zu diesem Zeitpunkt im Mittel 0,6 und 1,3 dt TM ha⁻¹ (Ackerbohne und Erbse; Abb. 11, Tab. A XVII). In der Summe der Arten im Gemenge wurden am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004 zur ersten Ernte keine signifikanten Unterschiede im Sprossertrag zwischen den Mischsaaten mit im Mittel 0,6 und 1,3 dt TM ha⁻¹, den alternierenden Reihen mit im Mittel 0,6 und 1,2 dt TM ha⁻¹ und den Reihen-Streifen-Gemengen mit im Mittel 0,5 und 1,2 dt TM ha⁻¹ einer Art festgestellt (Ackerbohne und Erbse; Abb. 11, Tab. XVIII). Der RYT der Sprosserträge betrug am Standort Deppoldshausen zur ersten Beerntung im Jahr 2004 0,8, 1,0 und 0,6 bei den Ackerbohnen-gemengen WA15, WA30/30 und WA75/15 und 1,0, 0,9 und 0,9 bei den Erbsengemengen WE15, WE30/30 und WE75/15. Die RYT-Werte der Varianten WA30/30 und WA75/15 unterschieden sich signifikant voneinander (Tab. A XIX). Die Sprosserträge der Unkräuter waren zur ersten Ernte mit im Mittel zwischen 0,1 und 0,5 dt TM ha⁻¹ sehr gering (Abb. 11, Tab. A XX).

Zum zweiten Erntetermin im Jahr 2004 wurden am Standort Deppoldshausen im Mittel der Standraumzuteilung beim Weizen 39,9 und 4,2 dt TM ha⁻¹ in 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie 3,4 und 4,0 dt TM ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse bestimmt. Im Mittel über die Anbauformen konnte der Weizen einen Sprossertrag in Höhe von 12,3, 13,9 und 12,5 dt TM ha⁻¹ bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand realisieren (Abb. 11, Tab. A XXIII). Die Leguminosen erzielten zur zweiten Ernte in den Reinsaaten tendenziell (Ackerbohne) bzw. signifikant (Erbse) höhere Erträge als in den Gemengen. Im Mittel wurden bei der Ackerbohne 47,2 dt TM ha⁻¹ und bei der Erbse 74,2 dt TM ha⁻¹ in Reinsaat und entsprechend 35,7 und 64,1 dt TM ha⁻¹ im Gemenge ermittelt (Abb. 11, Tab. XXVII). In der Summe des Ertrages der Gemengepartner betrug der Ertrag in den Mischsaaten im Mittel 35,5 und 67,8 dt TM ha⁻¹, in den alternierenden Reihen im Mittel 40,2 und 69,4 dt TM ha⁻¹ und in den Reihen-Streifen-Gemengen im Mittel 41,4 und 65,1 dt TM ha⁻¹ jeweils für die Ackerbohne bzw. die Erbse (nicht signifikant innerhalb der Art, Abb. 11, Tab. A XXVIII). Der RYT der Sprosserträge am Standort Deppoldshausen lag zur zweiten Beerntung im Jahr 2004 mit 0,8, 0,9 und 1,0 bei den Ackerbohnen-gemengen (WA15, WA30/30 und WA75/15) und mit 1,0, 1,0 und 0,9 bei den Erbsengemengen (WE15, WE30/30 und WE75/15) bei ≤ 1 (Tab. A XXIX). Die Höhe der Unkrautbiomasse zum zweiten Beerntungstermin unterschied sich signifikant zwischen 1,1 und 15,1 dt TM ha⁻¹ mit der höchsten Biomasse in der Variante W₂₀75 (Abb. 11, Tab. A XXX).

Zum dritten Termin der Beerntung wurden am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004 im Mittel der Standraumzuteilung ein Strohertrag des Weizens in Höhe von 24,0 und 4,0 in den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie 2,6 und 3,3 dt TM ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse bestimmt. Im Mittel über die Anbauformen wies der Weizen einen Strohertrag in Höhe von 8,5, 8,9 und 8,0 dt TM ha⁻¹ bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand auf (Abb. 11, Tab. A XXXIII). In der Summe aus Korn- und Stroh betrug der Ertrag des Weizens im Mittel der Standraumzuteilung 40,7 und 6,4 dt TM ha⁻¹ in den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie 4,1 und 5,8 dt TM ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse. Im Mittel über die Anbauformen wurden 14,5, 15,0 und 13,3 dt TM ha⁻¹ Sprossertrag des Weizens bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand festgestellt (Abb. 11, Tab. A XLII). Die Leguminosen erzielten zur dritten Ernte am Standort Deppoldshausen in den Reinsaaten mit im Mittel 54,4 und 26,5 dt TM ha⁻¹ tendenziell höhere Stroherträge als in den Gemengen mit im Mittel 40,0 und 21,8 dt TM ha⁻¹ (Ackerbohne und Erbse; Abb. 11, Tab. A XXXVII). Der Korn- und Strohertrag lag bei den Leguminosen mit im Mittel 107,8 und 57,0 dt TM ha⁻¹ in den Reinsaaten tendenziell höher als in den Gemengen mit im Mittel 86,8 und 50,4 dt TM ha⁻¹ Sprossertrag (Ackerbohne und Erbse, Abb. 11, Tab. A XLVI). Die Berechnungen der Stroherträge in der Summe der Arten im Gemenge ergaben für die Ackerbohngemenge mit im Mittel 40,8, 45,1 und 39,9 dt TM ha⁻¹ (WA15, WA30/30 und WA75/15) sowie für die Erbsengemenge mit im Mittel 27,5, 26,1 und 21,8 dt TM ha⁻¹ keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten der Standraumzuteilung innerhalb einer Art (Abb. 11, Tab. A XXXVIII). Die Gesamtsprosserträge (Korn + Stroh) betragen in der Summe der Arten im Gemenge im Mittel 86,9, 98,9 und 84,6 dt TM ha⁻¹ bei den Ackerbohngemengen sowie 60,2, 58,0 und 50,2 dt TM ha⁻¹ bei den Erbsengemengen jeweils für die Mischsaat, alternierende Reihen sowie Reihen-Streifen-Gemenge (Abb. 11, Tab. A XLVII). Die RYT-Werte der Stroh- und Gesamtsprosserträge unterschieden sich nicht signifikant zwischen den Varianten der Standraumzuteilung innerhalb der Erbse, während die Variante WA30/30 signifikant höhere RYT-Werte der Stroh- und Gesamtsprosserträge im Vergleich zu den beiden anderen Ackerbohngemenge erzielte. Die entsprechenden RYT-Werte lagen hier zwischen 0,8 und 1,2 (Tab. A XXXIX und A XLVIII). Zur Kornreife wurden am Standort Deppoldshausen zwischen 2,4 und 33,1 dt TM ha⁻¹ Unkräuter beerntet mit tendenziell höheren Unkrautbiomassen in den 20 % Weizenreinsaaten, den 100 % Weizenreinsaaten sowie den Erbsengemengen und Erbsenreinsaaten (Abb. 11, Tab. A XLIX).

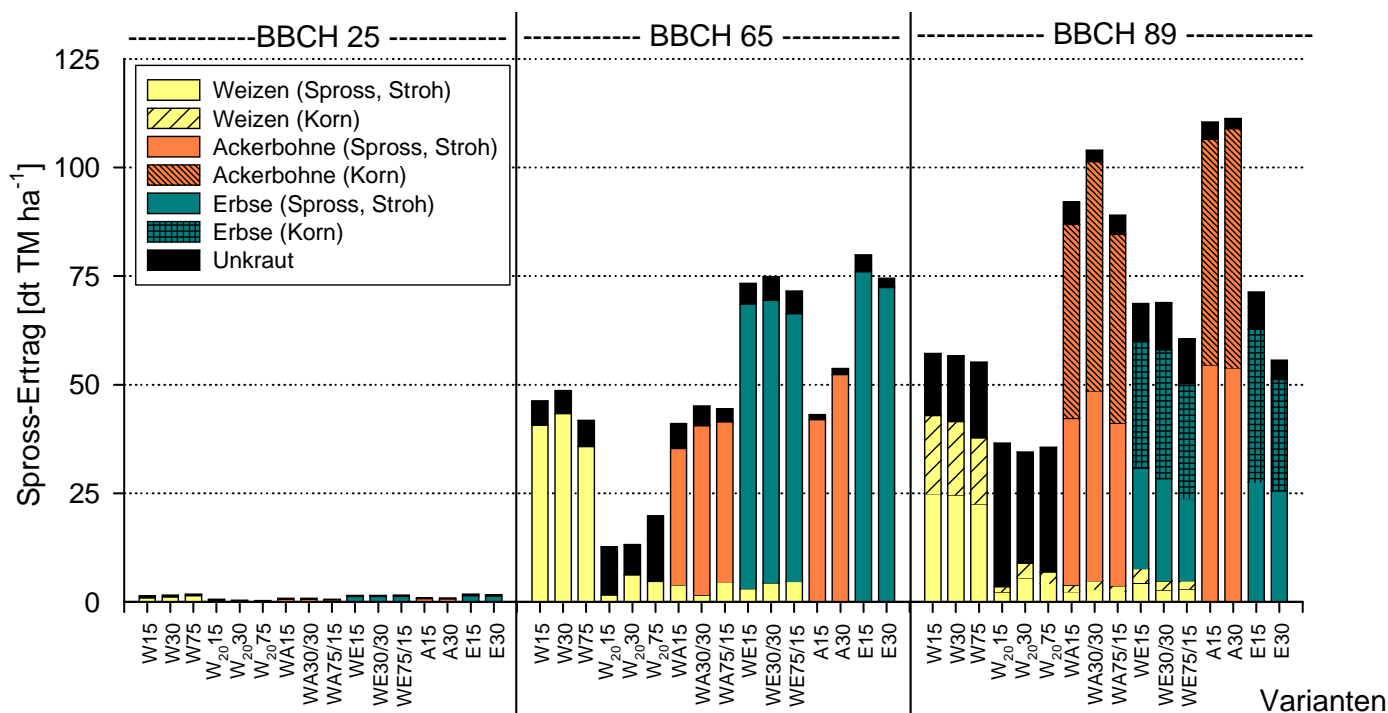


Abb. 11: Sprossertrag der Kulturpflanzen sowie der Unkräuter in den Prüfgliedern zu den drei Beerntungsterminen am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004

Zum ersten Beerntungstermin im Jahr 2005 wurden am Standort Deppoldshausen im Mittel der Standraumzuteilung ein Sprossertrag des Weizens in Höhe von 5,5 und 1,4 dt TM ha⁻¹ in den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie 1,7 und 2,2 dt TM ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse ermittelt. Im Mittel der Anbauformen wurden 3,1, 2,9 und 2,2 dt Spross-TM ha⁻¹ des Weizens bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand beerntet (Abb. 12, Tab. A XVI). Die Leguminosen wiesen zu diesem Zeitpunkt im Mittel einen Sprossertrag in Höhe von 1,6 und 2,0 dt TM ha⁻¹ auf (Ackerbohne und Erbse; Abb. 12, Tab. A XVII). In der Summe der Arten im Gemenge wurden am Standort Deppoldshausen im Jahr 2005 zur ersten Ernte keine signifikanten Unterschiede im Sprossertrag des Weizens im Gemenge mit einer Körnerleguminosenart in den Mischsaaten mit im Mittel 3,3 und 4,5 dt TM ha⁻¹, den alternierenden Reihen mit im Mittel 2,9 und 4,4 dt TM ha⁻¹ und den Reihenstreifen-Gemengen mit im Mittel 3,1 und 3,8 dt TM ha⁻¹ festgestellt (Ackerbohne und Erbse; Abb. 12, Tab. XVIII). Der RYT der Sprosserträge betrug am Standort Deppoldshausen im Jahr 2005 zur ersten Beerntung 1,5, 0,9 und 1,9 bei den Ackerbohnergemengen WA15, WA30/30 und WA75/15 und 1,3, 1,7 und 1,5 bei den Erbsengemengen WE15, WE30/30 und WE75/15 (nicht signifikante Unterschiede, Tab. A XIX). Die Unkrauterträge waren zur ersten Ernte mit im Mittel zwischen 0,6 und 1,6 dt TM ha⁻¹ sehr gering (Abb. 12, Tab. A XX).

Zur zweiten Beerntung im Jahr 2005 wurden am Standort Deppoldshausen im Mittel der Reihenweiten ein Sprossertrag des Weizens in Höhe von 43,3 und 30,3 dt TM ha⁻¹ bei den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse in Höhe von 15,3 und 28,3 dt TM ha⁻¹ bestimmt. Dabei unterschied sich der Ertrag des Weizens der 100 % Reinsaat signifikant von der 20 % Reinsaat und dem Ertrag in den Gemengen mit der Erbse. Die Gemenge mit Ackerbohne erzielten die signifikant geringsten Weizensprosserträge. Im Mittel über die Anbauformen konnte der Weizen mit 31,6 und 31,2 dt TM ha⁻¹ bei 15 cm und 30 cm Reihenabstand signifikant höhere Sprosserträge als bei 75 cm Reihenabstand mit 25,1 dt TM ha⁻¹ realisieren (Abb. 12, Tab. A XXVI). Die Leguminosen erzielten zur zweiten Ernte im Jahr 2005 am Standort Deppoldshausen in den Reinsaaten tendenziell höhere Erträge als in den Gemengen. Im Mittel wurden bei der Ackerbohne 44,4 dt TM ha⁻¹ und der Erbse 31,0 dt TM ha⁻¹ in Reinsaat und 32,7 und 22,3 dt TM ha⁻¹ bei der Ackerbohne bzw. der Erbse im Gemenge ermittelt (Abb. 12, Tab. XXVII). In der Summe der Sprosserträge der Gemengepartner wurde in den Mischsaaten im Mittel 44,2 und 51,3 dt TM ha⁻¹, in den alternierenden Reihen im Mittel 46,9 und 50,2 dt TM ha⁻¹ und in den Reihen-Streifen-Gemengen im Mittel 53,0 und 50,3 dt TM ha⁻¹ jeweils in den Beständen mit der Ackerbohne bzw. Erbse festgestellt (Abb. 12, Tab. A XXVIII). Zum zweiten Termin der Beerntung im Jahr 2005 am Standort Deppoldshausen lag der RYT der Sprosserträge mit 1,0, 1,0 und 1,4 bei den Ackerbohngemengen (WA15, WA30/30 und WA75/15) und mit 1,3, 1,5 und 1,5 bei den Erbsengemengen (WE15, WE30/30 und WE75/15) bei ≤ 1 (Tab. A XXIX). Die Höhe der Unkrautbiomasse zur zweiten Beerntung lag zwischen 1,3 und 6,7 dt TM ha⁻¹ (Abb. 12, Tab. A XXX).

Zum dritten Termin der Beerntung im Jahr 2005 wurden am Standort Deppoldshausen im Mittel der Standraumzuteilung beim Weizen Stroherträge in Höhe von 26,7 und 21,9 dt TM ha⁻¹ in den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie 12,0 und 16,4 dt TM ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse bestimmt. Die Ertragsleistungen der Anbauformen unterschieden sich jeweils signifikant voneinander. Im Mittel über die Anbauformen konnte der Weizen mit 20,8 und 20,5 dt TM ha⁻¹ bei 15 cm und 30 cm Reihenabstand signifikant höhere Stroherträge als bei 75 cm Reihenabstand (16,5 dt TM ha⁻¹) realisieren (Abb. 12, Tab. A XXXVI). Die Summe aus Korn- und Strohertrag des Weizens betrug im Mittel der Standraumzuteilung 45,3 und 38,8 dt TM ha⁻¹ in den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie 20,0 und 29,2 dt TM ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse. Die Reinsaaten unterschieden sich im Mittel signifikant von den Gemengen. Die signifikant geringsten Sprosserträge erzielten die Gemenge mit Ackerbohne. Im Mittel über die Anbauformen

wurde mit einem Sprossertrag des Weizens von 35,6 und 36,0 dt TM ha⁻¹ bei 15 cm und 30 cm Reihenabstand signifikant höhere Werte als bei 75 cm Reihenabstand mit 28,4 dt TM ha⁻¹ festgestellt (Abb. 12, Tab. A XLV). Die Leguminosen erzielten zur dritten Ernte am Standort Deppoldshausen im Jahr 2005 in den Reinsaaten mit im Mittel 36,3 und 12,2 dt TM ha⁻¹ tendenziell höhere Stroherträge als in den Gemengen mit im Mittel 25,7 und 8,6 dt TM ha⁻¹ (Ackerbohne und Erbse; Abb. 12, Tab. A XXXVII). Die Summe der Korn- und Strohertrag ergab bei den Leguminosen mit im Mittel 73,1 und 25,4 dt TM ha⁻¹ tendenziell höhere Sprosserträge in den Reinsaaten als in den Gemengen mit im Mittel 53,5 und 15,5 dt TM ha⁻¹ Sprossertrag (Ackerbohne und Erbse, Abb. 12, Tab. A XLVI). Die Berechnungen der Stroherträge in der Summe der Arten im Gemenge ergaben bei den Ackerbohngemenge mit im Mittel 39,2, 36,1 und 37,9 dt TM ha⁻¹ (WA15, WA30/30 und WA75/15) sowie bei den Erbsengemengen mit im Mittel 27,1, 26,9 und 20,9 dt TM ha⁻¹ keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gemengevarianten einer Körnerleguminosenart (Abb. 12, Tab. A XXXVIII). Die Gesamtsprosserträge (Korn + Stroh) betragen in der Summe der Arten im Gemenge im Mittel 76,0, 69,8 und 74,8 dt TM ha⁻¹ bei den Ackerbohngemengen sowie 47,1, 48,5 und 38,8 dt TM ha⁻¹ bei den Erbsengemenge jeweils für die Mischsaat, alternierende Reihen sowie Reihen-Streifen-Gemenge (nicht signifikante Unterschiede zwischen den Gemengevarianten einer Körnerleguminosenart, Abb. 12, Tab. A XLVII).

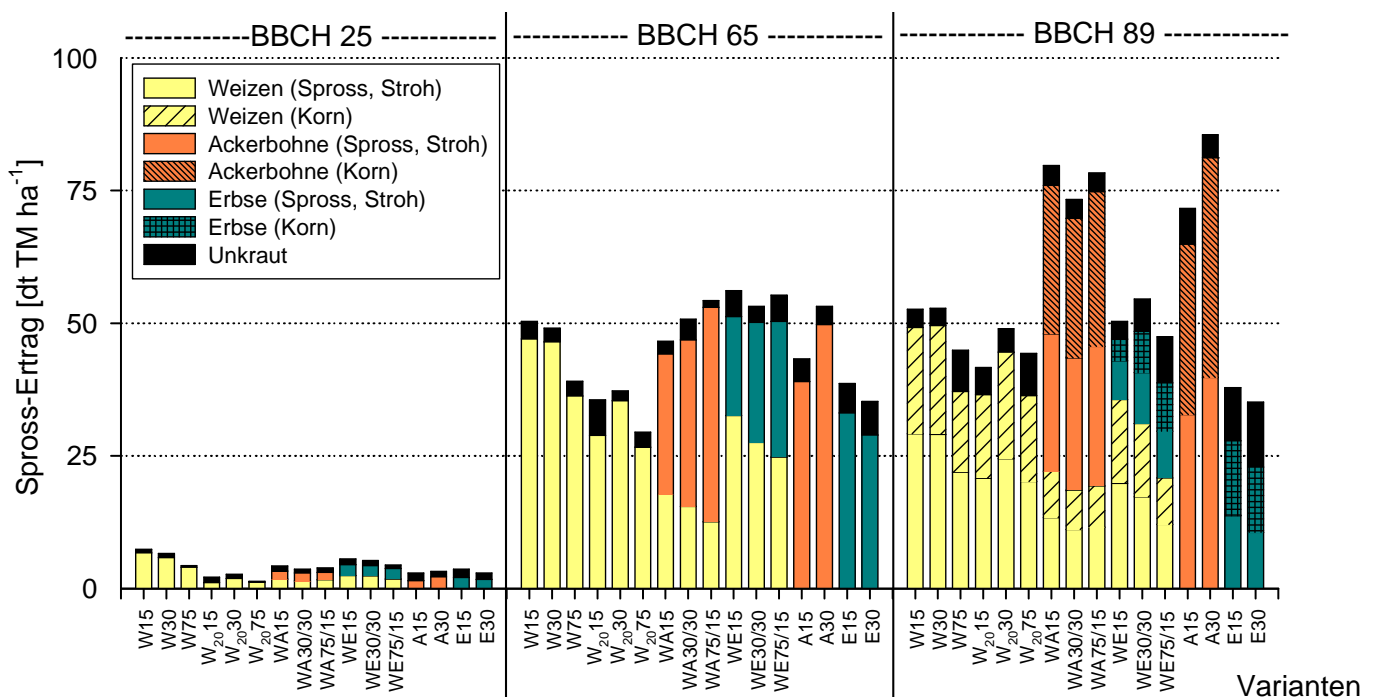


Abb. 12: Sprossertrag der Kulturpflanzen sowie der Unkräuter in den Prüfgliedern zu den drei Beerntungsterminen am Standort Deppoldshausen im Jahr 2005

Die RYT-Werte der Stroh- und Gesamtsprosserträge der Gemenge unterschieden sich in der Regel innerhalb der Arten nicht signifikant und lagen am Standort Deppoldshausen im Jahr 2005 zwischen 1,0 und 1,6. (Tab. A XXXIX und A XLVIII). Zur Kornreife wurden am Standort Deppoldshausen zwischen 3,2 und 12,2 dt TM ha⁻¹ Unkrautsprossmasse beerntet mit einer signifikant höheren Biomasse in den Erbsenreinsaaten (Abb. 12, Tab. A XLIX).

3.2 Ertragsparameter Gemenge-Hauptversuch

TM-Harvest-Index (HI)

Der Trockenmasse-Harvestindex (Verhältnis Korn zu Gesamtsprossmasse) des Weizens lag in der Regel im Mittel über die Standraumzuteilung bei den Reinsaaten mit 20 % Saatsstärke sowie im Gemenge mit der Erbse sehr hoch unabhängig von Standort und Jahr. Offensichtlich waren diese Varianten effizienter in der Umlagerung der Assimilate in das Korn. Der Harvestindex des Weizens in der 20 % Reinsaat lag im Mittel über die Standraumzuteilung zwischen 0,35 (Stöckendrebber, 2004) und 0,45 (Deppoldshausen, 2005), der des Weizens im Gemenge mit der Erbse zwischen 0,27 (Stöckendrebber, 2004) und 0,44 (Deppoldshausen 2005). Der Weizen wies im Gemenge mit der Ackerbohne stets die geringsten Harvestindices auf (0,24 bis 0,40, Tab. 14). Am Standort Deppoldshausen wurden im Jahr 2005 insgesamt in allen Varianten sehr hohe Harvestindices des Weizens ermittelt, während diese im Jahr 2004 am Standort Stöckendrebber sehr gering ausfielen (Tab. 14). Mit Ausnahme der Ergebnisse vom Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 hatte die Reihenweite keinen Einfluss auf die Höhe des Harvestindex des Weizens.

Tab. 14: Trockenmasse-Harvestindices (HI) des Weizens im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Stöckendrebber (STÖ), Reinshof (REI) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005

Standort und Jahr	Reinsaaten 100 %	Reinsaaten 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse
→				
REI 2004	0,36 n.n.	0,41 n.n.	0,32 n.n.	0,42 n.n.
REI 2005	0,38 n.n.	0,40 n.n.	0,24 n.n.	0,42 n.n.
STÖ 2004	0,27 n.n.	0,35 n.n.	0,26 n.n.	0,27 n.n.
STÖ 2005	0,42 a	0,42 a	0,36 b	0,39 ab
DEP 04	0,40 n.n.	0,36 n.n.	0,37 n.n.	0,42 n.n.
DEP 05	0,41 b	0,45 a	0,40 b	0,44 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt

Am Standort Stöckendrebber wurde in einem Jahr (2004) ein höherer Harvestindex (0,34) im Mittel über die Anbauformen bei 75 cm Reihenabstand im Vergleich zu einem Anbau mit engem Reihenabstand von 15 cm festgestellt (im Mittel 0,28).

Bei den Winterkörnerleguminosen konnten zum Teil sehr hohe Harvestindices bestimmt werden. Bis zu 59 % der Gesamtprossmasse wurden in Kornertrag umgesetzt (Variante WE 75/15, Stöckendrebber im Jahr 2005). Die Ackerbohne erzielte mit im Mittel 0,55 und 0,54 die höchsten Harvestindices am Standort Deppoldshausen. Insbesondere in den Gemengen lagen die Werte mit bis zu 0,57 (Variante WA30/30 und WA75/15 Deppoldshausen, 2004) tendenziell höher als in den Reinsaaten. Die niedrigsten Harvestindices wurden für die Ackerbohne am Standort Reinshof im Jahr 2005 mit im Mittel 0,42 errechnet, hier fällt der signifikant geringere Wert der Ackerbohnenreinsaat-Variante A30 mit einem Wert im Mittel 0,39 auf. Die höchsten Harvestindices der Erbse wurden am Standort Stöckendrebber in 2004 und 2005 sowie am Standort Deppoldshausen mit im Mittel 0,51, 0,57 und 0,55 ermittelt. Hierbei wiesen die Erbsen aus dem Gemenge tendenziell höhere Harvestindices als aus Reinsaat auf (Tab. 15). Am Standort Reinshof wurde im Jahr 2005 im Mittel aller Erbsenvarianten ein sehr geringer Harvestindex von 0,27 der Erbse festgestellt. Insbesondere bei den Erbsenreinsaaten waren die Werte mit im Mittel 0,17 und 0,12 (Variante E15 und E30) sehr gering (Tab. 15).

Tab. 15: Trockenmasse-Harvestindices (HI) der Leguminosen an den drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005, a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Reinshof		Stöckendrebber		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	0,54 n.n.	0,44 a	0,48 a	0,47 a	0,56 a	0,54 n.n.
WA30/30	0,51 n.n.	0,43 ab	0,47 a	0,54 a	0,57 a	0,55 n.n.
WA75/15	0,51 n.n.	0,43 ab	0,48 a	0,51 a	0,57 a	0,55 n.n.
A15	0,50 n.n.	0,42 ab	0,48 a	0,50 a	0,51 a	0,51 n.n.
A30	0,48 n.n.	0,39 b	0,48 a	0,48 a	0,54 a	0,54 n.n.
b) ↓						
WE15	0,39 bc	0,42 a	0,53 a	0,58 n.n.	0,56 n.n.	0,32 c
WE30/30	0,42 b	0,39 ab	0,55 a	0,57 n.n.	0,56 n.n.	0,43 b
WE75/15	0,47 a	0,24 abc	0,51 a	0,59 n.n.	0,58 n.n.	0,50 ab
E15	0,37 c	0,17 bc	0,46 a	0,54 n.n.	0,56 n.n.	0,49 ab
E30	0,40 bc	0,12 c	0,48 a	0,57 n.n.	0,50 n.n.	0,53 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Prüfgliedern eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt

Aufgrund des Befalls mit der Grünen Erbsenblattlaus und der Übertragung eines Virus (PEMV) reiften die Erbsen sehr schnell ab. Zudem wurde vermutlich der Kornertrag auch durch aufgetretene Kornverluste über bereits zur Ernte aufgeplatzte Hülsen unterschätzt.

Tausendkornmassen, TKM

Am Standort Reinshof konnte in beiden Jahren im Gemenge mit der Ackerbohne eine nur sehr geringe Tausendkornmasse des Weizens mit im Mittel 31,8 und 24,3 g (2004 und 2005) ermittelt werden. Im Jahr 2004 lagen die Tausendkornmassen des Weizens am Standort Reinshof insbesondere bei den 100 % Reinsaaten und den Gemengen mit Erbse mit im Mittel 40,2 und 39,1 g deutlich über der Tausendkornmasse des Weizens aus den Ackerbohngemengen. Im Jahr 2005 war dies für die 20 % Reinsaaten sowie für die Gemenge mit Erbse mit im Mittel 38,1 und 37,9 g der Fall. Die geringe Tausendkornmasse des Weizens aus den Ackerbohngemengen war augenscheinlich durch eine geringe Füllung der Körner bedingt. Die Körner waren kleiner und schrumpelig. Am Standort Stöckendrebber lagen im Jahr 2004 die Tausendkornmassen des Weizens in den 20 % Reinsaaten sowie in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse mit im Mittel über die Reihenweiten von 37,6, 38,0 und 37,4 g signifikant über der Tausendkornmasse der 100 % Reinsaat mit im Mittel 34,5 g (Tab. 16). Im Jahr 2005 wurde die geringste Tausendkornmasse des Weizens am Standort Stöckendrebber im Gemenge mit der Ackerbohne mit im Mittel 32,2 g erfasst, wohingegen der Weizen aus den 100 % Reinsaaten, den 20 % Reinsaaten sowie den Gemengen mit Erbse höhere Werte von im Mittel 35,9, 36,9 und 37,6 g aufwies. Am Standort Deppoldshausen unterschieden sich die Tausendkornmassen des Weizens im Jahr 2004 beim Vergleich der Anbauformen nicht signifikant voneinander. Mit im Mittel 38,1 g erzielte der Weizen hier im Gemenge mit der Erbse die höchste Tausendkornmasse. Im Jahr 2005 wurde die höchste Tausendkornmasse des Weizens am Standort Deppoldshausen ebenfalls im Gemenge mit Erbse mit im Mittel 38,8 g ermittelt. Dieser Wert unterschied sich signifikant von der Tausendkornmasse des Weizens aus den 20 % Reinsaaten sowie den Gemengen mit der Ackerbohne mit im Mittel 35,7 und 35,6 g (Tab. 16). Die Reihenweite hatte mit Ausnahme der Ergebnisse vom Standort Stöckendrebber im Jahr 2005 keinen Effekt auf die Höhe der Tausendkornmasse des Weizens. Am Standort Stöckendrebber wurde im Jahr 2005 im Mittel über die Anbauformen bei 75 cm Reihenabstand mit 36,7 g eine höhere Tausendkornmasse des Weizens festgestellt als bei 15 cm Reihenabstand mit im Mittel 34,8 g.

Tab. 16: Tausendkornmasse [g] des Weizens im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) im Jahr 2004 und 2005

Standort und Jahr	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse
→				
REI 2004	40,2 n.n.	38,1 n.n.	31,8 n.n.	39,1 n.n.
REI 2005	35,0 n.n.	38,1 n.n.	24,3 n.n.	37,9 n.n.
STÖ 2004	34,5 b	37,6 a	38,0 a	37,4 a
STÖ 2005	35,9 n.n.	36,9 n.n.	32,2 n.n.	37,6 n.n.
DEP 2004	34,9 a	32,1 a	35,3 a	38,1 a
DEP 2005	37,0 ab	35,7 b	35,6 b	38,8 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Prüfgliedern eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt

Im Jahr 2004 an den Standorten Reinshof und Stöckendrebber wurden mit im Mittel 593,9 und 606,5 g die höchsten Tausendkornmassen der Ackerbohne ermittelt. Dem entgegen wurde am Standort Reinshof im Jahr 2005 mit im Mittel 487,2 g die geringste Tausendkornmasse der Ackerbohne festgestellt, wobei das Reihen-Streifen-Gemenge mit im Mittel 454,7 g den geringsten Wert aufwies. An den Standorten Stöckendrebber im Jahr 2004 und 2005 sowie Deppoldshausen im Jahr 2004 wurden tendenziell, am Standort Reinshof signifikant höhere Tausendkornmassen der Ackerbohne aus Gemengeanbau im Vergleich zur Reinsaat bestimmt. Die Erbse erzielte hohe Tausendkornmassen an den Standorten Stöckendrebber in 2004 und 2005 sowie Deppoldshausen in 2004 und 2005 (nur Reinsaat) mit im Mittel 178,2, 170,9, 177,5 und 188,1 g (Tab. 17).

Tab. 17: Tausendkornmasse [g] der Leguminosen an den drei Standorten im Jahr 2004 und 2005, a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Reinshof		Stöckendrebber		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	643,0 a	521,4 n.n.	653,0 a	539,8 a	560,9 a	590,2 a
WA30/30	630,9 a	493,0 n.n.	621,6 a	557,6 a	568,2 a	563,6 a
WA75/15	594,1 ab	454,7 n.n.	617,7 a	581,0 a	581,4 a	545,7 a
A15	572,5 bc	505,7 n.n.	564,2 a	542,5 a	546,1 a	579,0 a
A30	529,2 c	461,0 n.n.	576,2 a	541,6 a	515,9 a	546,0 a
b) ↓						
WE15	151,0 a	n.e.	182,4 a	166,3 b	178,1 a	n.e.
WE30/30	153,0 a	n.e.	183,5 a	171,6 ab	176,4 a	n.e.
WE75/15	158,0 a	n.e.	173,8 a	177,0 a	181,6 a	n.e.
E15	162,5 a	n.e.	175,3 a	166,2 b	175,2 a	191,2
E30	169,6 a	n.e.	176,2 a	173,6 ab	176,0 a	185,0

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt, n.e. = nicht ermittelbar, zu wenig Material

Am Standort Reinshof wurden im Jahr 2004 mit im Mittel 158,8 g die geringsten Tausendkornmassen der Erbse festgestellt, die im Gemenge tendenziell geringer ausfielen als in den Reinsaaten. Am Standort Stöckendrebber lag im Jahr 2005 die Tausendkornmasse der Erbse aus dem Reihen-Streifen-Gemenge mit im Mittel 177,0 g signifikant über der Tausendkornmasse der Erbse aus der Mischsaat mit im Mittel 166,3 g. Aufgrund der geringen Erträge der Erbse an den Standorten Reinshof im Jahr 2005 und Deppoldshausen im Jahr 2005 (hier im Gemenge) stand nicht genug Material für alle Untersuchungen zur Verfügung, sodass die Tausendkornmasse der Erbse nicht ermittelt werden konnte (Tab. 17).

Pflanzen/m²

Die Aussaatstärke des Weizens in den Varianten 100 % Reinsaat betrug 300 keimfähige Körner pro m². In beiden Versuchsjahren wurden an den Standorten Reinshof sowie Stöckendrebber bei den 100 % Reinsaaten mit im Mittel über die Reihenweiten von 247,9 und 238,3 bzw. 294,5 und 245,2 Pflanzen pro m² befriedigende Feldaufgangsraten von im Mittel 82,6 und 81,1 bzw. 98,2 und 81,8 % erzielt. Am Standort Deppoldshausen wurden mit im Mittel 87,6 und 155,1 Pflanzen pro m² (2004/2005) nur unzureichende Feldaufgangsraten von im Mittel 29,2 und 51,4 % erreicht. Die Aussaatstärke des Weizens in den Varianten 20 % Reinsaat betrug 60 keimfähige Körner pro m². An den Standorten Reinshof und Stöckendrebber wurden bei den 20 % Reinsaaten mit im Mittel über die Reihenweiten von 52,2 und 51,3 bzw. 58,1 und 54,1 Pflanzen pro m² (2004/2005) ebenfalls befriedigende Feldaufgangsraten von im Mittel 87,0 und 82,9 bzw. 96,9 und 91,0, % erzielt. Am Standort Deppoldshausen wurden mit im Mittel 11,7 und 26,7 Pflanzen pro m² (2004 und 2005) nur unzureichende Feldaufgangsraten von im Mittel 19,6 und 42,8 % ermittelt. Ferner betrug in den Gemengen die Aussaatstärke des Weizens 60 keimfähige Körner pro m². An den Standorten Reinshof im Jahr 2005 und Stöckendrebber (2004 und 2005) wurden in den Gemengen mit Ackerbohne mit im Mittel über die Reihenweiten von 48,6 sowie 49,3 und 41,4 Weizenpflanzen pro m² sowie bei den Gemenge mit Erbse mit im Mittel 56,9 sowie 53,0 und 49,2 Weizenpflanzen pro m² gleichfalls sehr hohe Feldaufgangsraten von im Mittel 81,1 sowie 82,1 und 85,7 % (Gemenge mit Ackerbohne) sowie 94,8 sowie 88,4 und 82,0 % (Gemenge mit Erbse) erzielt. Durch die Handsaaten des Weizens im Jahr 2004 in den Gemengevarianten alternierende Reihen und Reihen-Streifen-Gemenge, die sich insbesondere am Standort Reinshof negativ auf den Feldaufgang auswirkten, konnten hier nur geringere Weizenpflanzen pro m² mit im Mittel 31,3 und 28,6 Pflanzen (Gemenge mit Ackerbohne, Gemenge mit Erbse) gezählt werden. Dies entsprach einer Feldaufgangsrate

von im Mittel 52,1 und 47,6 %. Am Standort Deppoldshausen wurden insbesondere im Jahr 2004 in den Gemengen mit der Ackerbohne mit im Mittel 6,9 Weizenpflanzen pro m² (Feldaufgang: 11,5 %) sowie in den Gemengen mit der Erbse mit im Mittel 6,6 Weizenpflanzen pro m² (Feldaufgang: 11,0 %) deutlich geringe Werte festgestellt. Im Jahr 2005 lagen die Werte am Standort Deppoldshausen deutlich höher: 26,3 und 36,6 Weizenpflanzen pro m² im Mittel der Ackerbohnen- bzw. Erbsengemenge (entspricht einem Feldaufgang von 43,8 und 60,9 %; Tab. 18).

Die Reihenweite hatte statistisch keinen Effekt auf die Anzahl Weizenpflanzen pro m² im Mittel über die Anbauformen. Gleichwohl war durch die Handsaaten am Standort Reinshof im Jahr 2004 die Anzahl Weizenpflanzen in den alternierenden Gemengen sowie in den Reihen-Streifen-Gemengen deutlich geringer als in den Mischsaaten.

Tab. 18: Pflanzen pro m² des Weizens im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) im Jahr 2004 und 2005

Standort und Jahr	Reinsaaten 100 %	Reinsaaten 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse
→				
REI 2004	247,9 n.n.	52,2 n.n.	31,3 n.n.	28,6 n.n.
REI 2005	238,3 n.n.	51,3 n.n.	48,6 n.n.	56,9 n.n.
STÖ 2004	294,5 n.n.	58,1 n.n.	49,3 n.n.	53,0 n.n.
STÖ 2005	245,2 n.n.	54,1 n.n.	51,4 n.n.	49,2 n.n.
DEP 2004	87,6 n.n.	11,7 n.n.	6,9 n.n.	6,6 n.n.
DEP 2005	155,1 n.n.	26,7 n.n.	26,3 n.n.	36,6 n.n.

n.n. = nicht normalverteilt

Im Winter 2003/2004 konnte trotz milder Witterung der Feldaufgang direkt im Feld in den Wintermonaten Dezember und Januar gezählt werden. Es erfolgte nach den letzten Spätfrösten im Mai eine erneute Zählung der Anzahl Pflanzen der Winterkörnerleguminosen, um die Überwinterung zu bestimmen. Im zweiten Versuchsjahr konnte im ebenfalls sehr milden Winter 2004/2005 keine direkte Bonitur des Feldaufgangs und der Winterüberlebensfähigkeit der Körnerleguminosen aufgrund der schlechten Begehbarkeit der Flächen (zu nass oder schneebedeckt) durchgeführt werden. Bei der ersten Beerntung zum BBCH-Stadium 25 des Weizens wurden deshalb die geernteten Pflanzen gezählt.

Die Höhe der Aussaatstärke der Ackerbohne betrug in Reinsaat 30 und im Gemenge 24 keimfähige Körner pro m². In Reinsaat wurden bei der Ackerbohne im Mittel zwischen 14,7 und 28,6 Pflanzen pro m² gezählt (Tab. 19). Dabei war der Feldaufgang der Ackerbohne

im Jahr 2003/2004 im Mittel mit 71,5, 95,0 und 72,8 % an den Standorten Reinshof, Stöckendrebber und Deppoldshausen sehr hoch. Im Winter 2004/2005 konnte bei die Ackerbohne in den Reinsaaten am Standort Reinshof mit im Mittel 83,5 % ein ebenso hoher Feldaufgang festgestellt werden, während an den Standorten Stöckendrebber und Depoldshausen mit im Mittel 65,4 und 52,8 % einen geringerer Feldaufgang der Ackerbohne zu verzeichnen war. In den Gemengen wurde zum Teil eine signifikant geringere Anzahl Pflanzen als in den Reinsaaten festgestellt. Wie bei Weizen war auch bei der Ackerbohne der Feldaufgang im Jahr 2003/2004 mit im Mittel 81,8, 91,8, und 88,1 % an den Standorten Reinshof, Stöckendrebber und Deppoldshausen sowie am Standort Reinshof im Jahr 2004/2005 mit im Mittel 79,0 % sehr hoch. Die Feldaufgangsraten der Ackerbohnen aus den Gemengen waren an den Standorten Stöckendrebber und Deppoldshausen im Jahr 2004/2005 mit im Mittel 50,8 und 53,4 % deutlich geringer.

Die Aussaatstärke der Erbse betrug in Reinsaat 80 und im Gemenge 64 keimfähige Körner pro m². In Reinsaat wurden bei der Erbse im Mittel zwischen 36,8 und 81,3 Pflanzen pro m² gezählt (Tab. 19). Dabei war der Feldaufgang an den Standorten Reinshof in den Jahren 2003/2004 und 2004/2005, Stöckendrebber 2003/2004 und 2004/2005 sowie Depoldshausen im Jahr 2003/2004 mit im Mittel 82,0, 74,4, 100,0, 75,6, und 92,6 % sehr hoch, während er im Jahr 2004/2005 am Standort Deppoldshausen mit im Mittel 47,8 % geringer ausfiel. In den Gemengen wurden zum Teil eine signifikant geringere Anzahl Pflanzen als in den Reinsaaten gezählt.

Tab. 19: Pflanzen pro m² der Körnerleguminosen an den drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005, a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Reinshof		Stöckendrebber		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	18,9 a	19,1 bc	23,1 ab	13,7 bc	20,8 a	13,2 a
WA30/30	22,2 a	18,3 c	21,9 ab	10,9 c	22,2 a	13,0 a
WA75/15	17,8 a	19,3 bc	21,1 b	12,0 c	20,4 a	12,2 a
A15	20,0 a	24,8 ab	28,4 a	19,2 ab	26,7 a	14,7 a
A30	22,9 a	25,3 a	28,6 a	20,0 a	17,0 a	17,0 a
b) ↓						
WE15	52,3 n.n.	58,0 a	60,9 b	47,3 b	59,4 b	36,6 a
WE30/30	60,8 n.n.	46,7 a	57,7 b	45,7 b	66,3 ab	36,2 a
WE75/15	48,1 n.n.	52,3 a	56,3 b	43,7 b	48,1 c	34,2 a
E15	61,2 n.n.	60,7 a	81,3 a	58,4 a	74,4 a	38,7 a
E30	70,0 n.n.	55,6 a	79,8 a	63,7 a	73,8 a	36,8 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Prüfgliedern eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt

Der Feldaufgang war mit im Mittel 84,0, 83,2, 91,1, 71,0 und 90,6 % an den Standorten Reinshof in den Jahren 2003/2004 und 2004/2005, Stöckendrebber 2003/2004 und 2004/2005 sowie Deppoldshausen im Jahr 2003/2004 sehr hoch. Am Standort Deppoldshausen 2004/2005 wurden mit im Mittel 54,6 % ein deutlich geringerer Feldaufgang der Erbse im Gemenge festgestellt. Die Winterüberlebensfähigkeit der Körnerleguminosen war aufgrund der milden Winter in beiden Vegetationsperioden relativ hoch. Im Jahr 2003/2004 wurde im Mittel bei der Ackerbohne eine Winterüberlebensfähigkeit von 73,9 % und bei der Erbse von 94,5 % ermittelt. Im darauf folgenden Winter 2004/2005 konnte keine Bonitur des Bestandes im Herbst erfolgen. Nach den Beobachtungen war die Winterüberlebensfähigkeit der aufgelaufenen Pflanzen aber sehr hoch.

Ähren/m² bzw. Hülsen/m²

Die höchsten Anzahlen Ähren pro m² des Weizens wurden im Mittel über die Reihenweiten in den Jahren 2004 und 2005 stets bei den 100 % Reinsaaten ermittelt, Standort Reinshof: 328,9 und 283,9, Standort Stöckendrebber: 223,7 und 247,4, Standort Deppoldshausen: 114,7 und 206,7. In den 20 % Reinsaaten wurden geringere Anzahlen Ähren pro m² des Weizens mit im Mittel 232,8 und 201,8 (Standort Reinshof), 113,1 und 155,0 (Standort Stöckendrebber) und 13,1 und 106,3 (Standort Deppoldshausen) festgestellt. In einigen Fällen waren diese ähnlich hoch wie in den Erbsengemengen (Standorte Reinshof im Jahr 2005 sowie Deppoldshausen im Jahr 2005). In der Regel erzielte der Weizen jedoch in den Gemenge mit der Ackerbohne annähernd gleich hohe Anzahlen Ähren pro m² wie in den Gemengen mit der Erbse. Es wurden zwischen 10,0 und 144,0 Ähren pro m² des Weizens in den Ackerbohngemengen und zwischen 12,2 und 180,6 Ähren pro m² des Weizens in den Erbsengemengen bestimmt. Am Standort Reinshof wurden in beiden

Tab. 20: Ähren pro m² des Weizens im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005

Standort und Jahr	Reinsaaten 100 %	Reinsaaten 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse
→				
REI 2004	328,9 n.n.	232,8 n.n.	127,8 n.n.	124,9 n.n.
REI 2005	283,9 n.n.	201,8 n.n.	144,0 n.n.	180,6 n.n.
STÖ 2004	223,7 n.n.	113,1 n.n.	63,5 n.n.	68,6 n.n.
STÖ 2005	247,4 n.n.	155,0 n.n.	137,5 n.n.	113,0 n.n.
DEP 2004	114,7 n.n.	13,1 n.n.	10,0 n.n.	12,2 n.n.
DEP 2005	206,7 n.n.	106,3 n.n.	69,7 n.n.	91,6 n.n.

n.n. = nicht normalverteilt

Jahren die höchsten Werte ermittelt, während am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004 die niedrigsten Werte auftraten (Tab. 20). Bei einer Reihenweite von 75 cm waren an den Standorten Reinshof im Jahr 2004, Stöckendrebber im Jahr 2005 und Deppoldshausen im Jahr 2005 geringere Anzahlen Ähren pro m² als in bei einer Reihenweite von 15 cm im Mittel über die Anbauformen zu verzeichnen.

Im Mittel wurden mit 306,4, 287,5 und 299,9 Hülsen pro m² bei der Ackerbohne die höchsten Anzahlen an den Standorten Reinshof im Jahr 2004 und 2005 sowie Deppoldshausen im Jahr 2004 festgestellt. Die Anzahl Hülsen je m² bei der Ackerbohne lag an den Standorten Stöckendrebber im Jahr 2004 und 2005 sowie Deppoldshausen im Jahr 2005 mit im Mittel 141,6, 181,9 und 199,1 deutlich darunter. In der Regel erzielten die Reinsaatens der Ackerbohne signifikant eine höhere Anzahl Hülsen pro m² als die Gemenge (Tab. 21). Die höchste Anzahl Hülsen pro m² wurden bei der Erbse mit im Mittel 467,6 und 335,8 Hülsen pro m² an den Standorten Stöckendrebber im Jahr 2005 und Deppoldshausen im Jahr 2004 ermittelt. An den Standorten Stöckendrebber im Jahr 2004, Reinshof im Jahr 2004 und Deppoldshausen im Jahr 2005 wurden mit im Mittel 248,4, 222,3 und 228,2 eine geringere Anzahl Hülsen pro m² bei der Erbse festgestellt. Die geringste Anzahl Erbsen-Hülsen pro m² traten am Standort Reinshof im Jahr 2005 mit im Mittel 175,9 Hülsen pro m² auf. Bei den Erbsen hatten ebenfalls in der Regel die Reinsaatens signifikant höhere Anzahlen Hülsen pro m² als die Gemenge (Tab. 21).

Tab. 21: Hülsen pro m² der Leguminosen an den drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005, a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Reinshof		Stöckendrebber		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	193,3 d	249,9 b	123,6 n.n.	161,4 b	265,4 ab	173,7 b
WA30/30	240,2 cd	256,9 b	125,1 n.n.	124,0 b	305,9 ab	172,4 b
WA75/15	295,9 bc	261,4 ab	130,2 n.n.	142,2 b	237,0 b	161,1 b
A15	381,6 ab	353,3 a	172,3 n.n.	251,1 a	329,9 ab	213,8 ab
A30	420,8 a	316,0 ab	156,8 n.n.	230,6 a	361,2 a	274,3 a
b) ↓						
WE15	111,7 d	99,0 b	202,6 b	381,9 a	319,7 ab	69,0 b
WE30/30	169,1 cd	93,9 b	246,0 ab	398,6 a	335,1 ab	108,9 ab
WE75/15	217,0 bc	113,1 b	180,3 b	430,8 a	286,3 b	134,8 ab
E15	278,2 ab	313,6 a	269,2 ab	576,0 a	397,8 a	200,3 a
E30	335,3 a	259,7 a	343,7 a	550,6 a	340,1 ab	171,6 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Prüfgliedern eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt

Ähren/Pflanze bzw. Stängel/Pflanze (Bestockung)

Die Bestockung des Weizens war aufgrund der geringen Pflanzenzahlen in den 20 % Reinsaaten sowie in den Gemengen höher als in den 100 % Reinsaaten. Bei den 100 % Reinsaaten wurde ein Bestockungskoeffizient von 0,8, 1,5 und 1,5 Ähren pro Weizenpflanze ermittelt (Standorte Stöckendrebber in 2004 und Deppoldshausen in 2004 und 2005), während es bei den 20 % Reinsaaten zwischen 2,0 und 5,3 Ähren pro Pflanze (Standorte Stöckendrebber in 2004 und Deppoldshausen in 2005) und bei den Gemengen zwischen 1,3 und 4,8 Ähren pro Pflanze waren (Standorte Stöckendrebber in 2004 und Reinshof in 2004). Die Gemenge mit Ackerbohne und Erbse unterschieden sich nicht in der Anzahl Weizenähren pro m² (Tab. 22). Mit Ausnahme am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005 hatte beim Weizen die Reihenweite keinen Einfluss auf die Höhe der Anzahl Ähren pro Pflanze. Am Standort Stöckendrebber wurde eine geringere Anzahl Ähren pro Pflanze bei 75 cm als bei 15 cm Reihenabstand im Mittel über die Anbauformen festgestellt.

Tab. 22: Ähren pro Pflanze des Weizens im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005

Standort und Jahr	Reinsaaten 100 %	Reinsaaten 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse
→				
REI 2004	1,3 n.n.	4,6 n.n.	4,2 n.n.	4,8 n.n.
REI 2005	1,3 c	4,0 a	3,1 a	3,2 a
STÖ 2004	0,8 n.n.	2,0 n.n.	1,4 n.n.	1,3 n.n.
STÖ 2005	1,0 n.n.	3,0 n.n.	2,7 n.n.	2,4 n.n.
DEP 2004	1,5 n.n.	2,0 n.n.	2,4 n.n.	1,8 n.n.
DEP 2005	1,5 n.n.	5,3 n.n.	3,0 n.n.	2,6 n.n.

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Prüfgliedern eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$; n.n. = nicht normalverteilt

Die Bestockung der Ackerbohne war am Standort Deppoldshausen im Jahr 2005 mit im Mittel 2,3 Stängel pro Pflanze am höchsten. An den Standorten Reinshof und Stöckendrebber in den Jahren 2004 und 2005 sowie Deppoldshausen im Jahr 2004 wurden im Mittel 1,5, 1,7 1,0, 1,5 und 1,7 Stängel pro Ackerbohnenpflanze gezählt. In der Regel unterschieden sich die Ackerbohnenreinsaaten nicht signifikant von den Gemengen in ihrer Anzahl Stängel pro Pflanze. Bei der Erbse waren im Jahr 2005 die Stängel zur Endernate aufgrund des totreifen und sehr trockenen Materials nicht mehr zählbar. Die ermittelten Werte aus dem Jahr 2004 sind mit Vorsicht zu interpretieren. Sie stellen geschätzte Anhaltswerte dar. Insgesamt war die Bestockung der Erbse mit im Mittel 0,6, 0,7 und 0,8

Stängel pro Pflanze geringer als bei der Ackerbohne. Die Erbsenreinsaaten unterschieden sich nicht signifikant von den Gemengen in ihrer Anzahl Stängel pro Pflanze (Tab. 23).

Tab. 23: Anzahl Stängel pro Pflanzen der Leguminosen an den drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005, a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Reinshof		Stöckendrebber		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	1,3 n.n.	1,5 b	1,0 a	1,5 a	1,4 n.n.	2,2 n.n.
WA30/30	1,3 n.n.	1,7 ab	1,0 a	1,7 a	1,4 n.n.	2,0 n.n.
WA75/15	1,6 n.n.	1,4 b	1,1 a	1,2 a	1,2 n.n.	1,7 n.n.
A15	1,7 n.n.	2,2 a	1,0 a	1,5 a	1,4 n.n.	2,5 n.n.
A30	1,8 n.n.	1,9 ab	0,9 a	1,4 a	3,0 n.n.	3,1 n.n.
b) ↓						
WE15	0,5 a	n.e.	0,6 a	n.e.	0,8 a	n.e.
WE30/30	0,7 a	n.e.	0,7 a	n.e.	0,8 a	n.e.
WE75/15	0,8 a	n.e.	0,6 a	n.e.	0,9 a	n.e.
E15	0,9 a	n.e.	0,7 a	n.e.	0,9 a	n.e.
E30	0,8 a	n.e.	0,7 a	n.e.	0,8 a	n.e.

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Prüfgliedern eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt; n.e. = nicht ermittelbar, Stängel zur Endernte nicht zählbar

Körner/Ähre bzw. Körner/Hülse

Im Mittel über die Reihenweiten wurden bei den 20 % Reinsaaten die tendenziell bzw. signifikant (Stöckendrebber in 2004, Deppoldshausen in 2005) höchsten nachstehende Anzahl Körner pro Ähre beim Weizen festgestellt (2004/2005): 49,1 und 44,0 (Standort Reinshof), 28,7 und 41,5 (Standort Stöckendrebber) sowie 43,6 und 45,7 (Standort Deppoldshausen). Am Standort Reinshof waren im Jahr 2004 und 2005 die Werte des Weizens im Gemenge mit der Erbse im Mittel mit 52,4 und 44,8 Körnern pro Ähre statistisch gleich hoch wie die Werte der 20 % Reinsaaten. Während im Jahr 2004 die Anzahl Körner pro Ähre des Weizens am Standort Reinshof in den Gemengen mit Ackerbohne mit im Mittel 32,4 statistisch gleich hoch war wie aus den 100 % Reinsaaten mit im Mittel 28,6 Körnern pro Ähre, lag der Wert aus den 100 % Reinsaaten mit im Mittel 32,1 Körnern pro Ähre im Jahr 2005 über dem Wert aus den Gemengen mit Ackerbohne mit im Mittel 24,1 Körnern pro Weizenähre. An den Standorten Stöckendrebber in den Jahren 2004 und 2005 sowie am Standort Deppoldshausen im Jahr 2005 fiel die Anzahl Körner je Ähre des Weizens mit im Mittel 20,8, 36,1 und 33,1 im Gemenge mit der Ackerbohne ähnlich hoch aus wie im Gemenge mit der Erbse mit im Mittel 21,3, 34,3 und 35,9 Körnern je Ähre. Sie unterschieden sich in der Regel signifikant von den 100 % Weizenreinsaaten mit im Mittel 13,3, 30,3 und 24,6 Körnern pro Ähre (Tab. 24). Im Jahr 2004 konnten am Standort Dep-

poldshausen in den Gemengen mit der Ackerbohne und Erbse keine Anzahlen Körner je Weizenähre ermittelt werden, da hierfür nicht genügend Material zur Verfügung stand und die Tausendkornmasse nicht ermittelt werden konnte (Tab. 24).

Tab. 24: Körner pro Ähren des Weizens im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005

Standort und Jahr	Reinsaaten 100 %	Reinsaaten 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse
→				
REI 2004	28,6 n.n.	49,1 n.n.	32,4 n.n.	52,4 n.n.
REI 2005	32,1 n.n.	44,0 n.n.	24,1 n.n.	44,8 n.n.
STÖ 2004	13,3 c	28,7 a	20,8 b	21,3 b
STÖ 2005	30,3 n.n.	41,5 n.n.	36,1 n.n.	34,3 n.n.
DEP 2004	37,8 n.n.	43,6 n.n.	n.e.	n.e.
DEP 2005	24,6 c	45,7 a	33,1 b	35,9 b

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Prüfgliedern eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$; n.n. = nicht normalverteilt; n.e. = nicht ermittelbar, zu wenig Material

Die Reihenweite hatte mit Ausnahme am Standort Reinshof im Jahr 2004 und Deppoldshausen im Jahr 2005 keinen Effekt auf die Anzahl Körner je Ähre des Weizens. Am Standort Reinshof war im Jahr 2004 eine höhere Anzahl Körner je Ähre bei einer Reihenweite von 75 cm im Vergleich zur Reihenweite von 15 cm im Mittel über die Anbauformen zu verzeichnen. Am Standort Deppoldshausen trat in diesem Jahr der umgekehrte Fall ein. Bei der Ackerbohne wurden auf allen drei Standorten und in beiden Jahren ähnlich hohe Anzahlen Körner pro Hülse ermittelt. So betragen in den Jahren 2004 und 2005 im Mittel 3,1 und 2,9 (Standort Reinshof), 2,8 und 3,0 (Standort Stöckendrebber) sowie 3,0 und 2,8 Körner pro Hülse (Standort Deppoldshausen). In der Regel unterschied sich die Anzahl Körner je Ähre beim Weizen zwischen den Reinsaaten und Gemengen nicht. Bei den Erbsen wurden am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004 mit im Mittel 4,9 Körnern pro Hülse die höchsten Werte aller Versuchsstandorte und Jahre festgestellt. Die Anzahl Körner je Hülse belief sich auf im Mittel 4,0 (Standort Reinshof im Jahr 2004), 3,8 (Standort Deppoldshausen im Jahr 2005, nur Werte aus den Reinsaaten) sowie auf 4,0 und 3,8 (Standort Stöckendrebber 2004 und 2005). An den Standorten Reinshof im Jahr 2005 und Deppoldshausen im Jahr 2005 (nur Werte aus den Gemengen) konnten keine Körner pro Hülse bei der Erbse berechnet werden, da die Tausendkornmasse mangels Probenumfangs nicht bestimmt werden konnte. Es wurden keine signifikanten Unterschiede in der Anzahl Körner je Hülse bei der Erbse zwischen Reinsaaten und Gemenge festgestellt (Tab. 25).

Tab. 25: Körner pro Hülse der Leguminosen an den drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005, a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Reinshof		Stöckendrebber		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	3,4 a	2,9 a	2,8 a	3,0 a	3,0 a	2,7 ab
WA30/30	3,2 ab	2,9 a	2,9 a	3,0 a	3,0 a	2,8 ab
WA75/15	3,0 ab	3,0 a	2,8 a	3,0 a	3,2 a	3,4 a
A15	3,2 ab	3,0 a	2,8 a	3,0 a	2,8 a	2,5 b
A30	2,9 b	2,9 a	2,9 a	3,1 a	3,0 a	2,8 ab
b) ↓						
WE15	3,8 a	n.e.	4,2 a	3,8 a	5,2 a	n.e.
WE30/30	4,1 a	n.e.	4,4 a	4,0 a	5,0 a	n.e.
WE75/15	4,6 a	n.e.	4,2 a	3,9 a	5,1 a	n.e.
E15	3,8 a	n.e.	3,7 a	3,6 a	5,0 a	3,7
E30	3,8 a	n.e.	3,3 a	3,6 a	4,4 a	3,9

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Prüfgliedern eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$; n.e. = nicht ermittelbar, zu wenig Material

3.3 Ertragsleistung der Nachfrucht Winterroggen

Kornertrag

Der Kornertrag der Nachfrucht Winterroggen zeigte an allen Standorten und in allen Jahren ein ähnliches Bild. So waren die höchsten Kornerträge des Roggens in der Regel nach den Reinsaatens der Leguminosen, insbesondere nach Reinsaatens der Erbse zu verzeichnen. Im Mittel wurden nach Erbsenreinsaatens in den Jahren 2005 und 2006 Kornerträge des Roggens in Höhe von 40,2 und 43,1 (Standort Reinshof) 31,5 und 34,9 (Standort Stöckendrebber) und 22,7 und 25,8 dt TM ha⁻¹ (Standort Deppoldshausen) erzielt, nach Ackerbohne in Reinsaat waren dies 36,4 und 40,8, 30,8 und 33,7 sowie 17,7 und 26,5 dt TM ha⁻¹. Darüber hinaus wurde nach Gemengebau in der Regel ebenfalls ein sehr hoher Kornertrag des Roggens festgestellt. Nach den Gemengen mit Erbse wurden im Mittel 36,6 und 34,4, 28,0 und 34,5 sowie 22,2 und 24,0 dt TM ha⁻¹ und nach den Ackerbohnen gemengen 34,5 und 38,8, 27,3 und 28,3 sowie 15,9 und 25,9 dt TM ha⁻¹ Kornertrag des Roggen geerntet (jeweils in den Jahren 2005 und 2006 an den Standorten Reinshof, Stöckendrebber und Deppoldshausen). Tendenziell geringere Kornerträge des Roggens wurden nach den Weizenreinsaatens bestimmt. Hier erzielte der Roggen nach 100 % Weizenreinsaatens im Mittel 28,8 und 27,7, 20,6 und 31,4 sowie 17,7 und 22,4 dt TM ha⁻¹ und nach den 20 % Reinsaatens 30,2 und 31,4, 23,5 und 28,8 sowie 15,7 und 22,5 dt TM ha⁻¹ Kornertrag (jeweils in den Jahren 2005 und 2006 an den Standorten Reinshof, Stöckendrebber und Deppoldshausen). Mit Ausnahme am Standort Stöckendrebber im Jahr

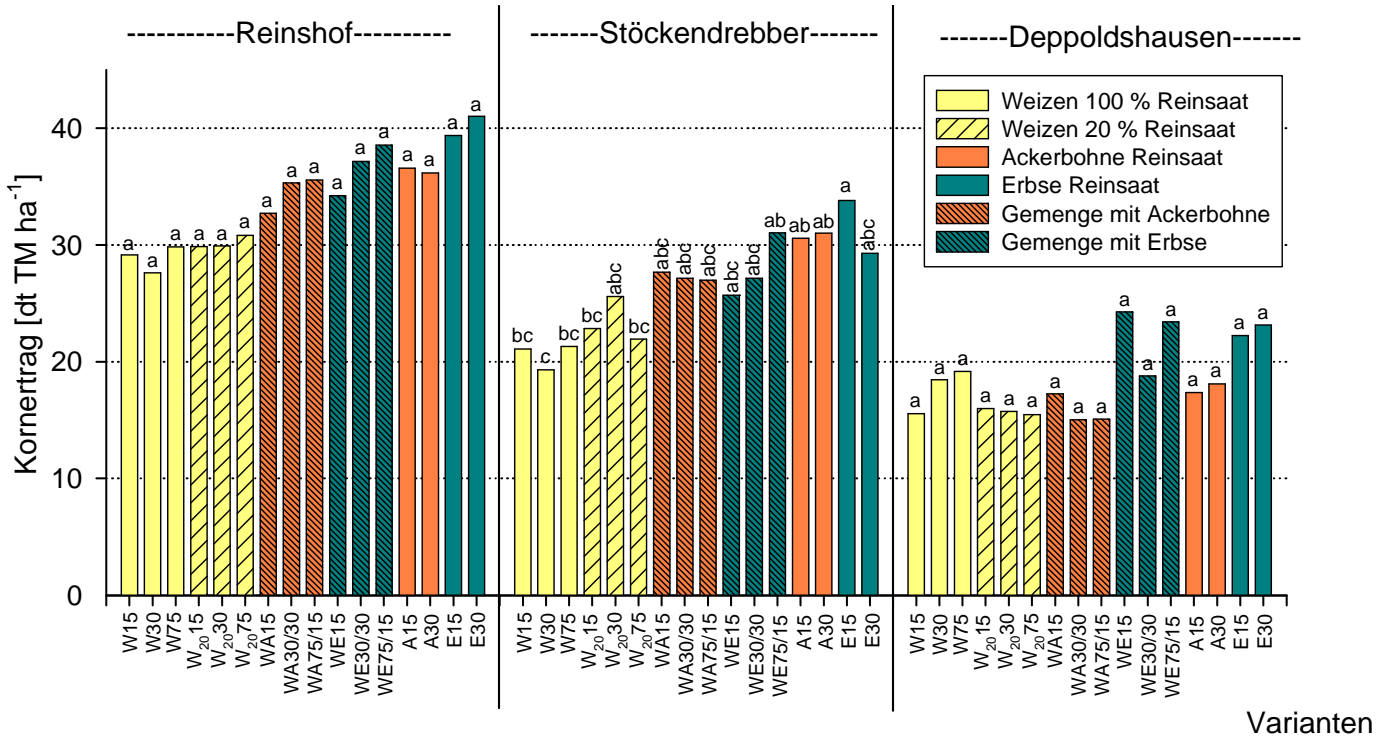


Abb. 13: Kornertrag der Nachfrucht Winterroggen an den Standorten Reinshof, Stöckendrebber, und Deppoldshausen im Jahr 2005 (verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Standorte, $\alpha = 0,05$ Tukey-Test)

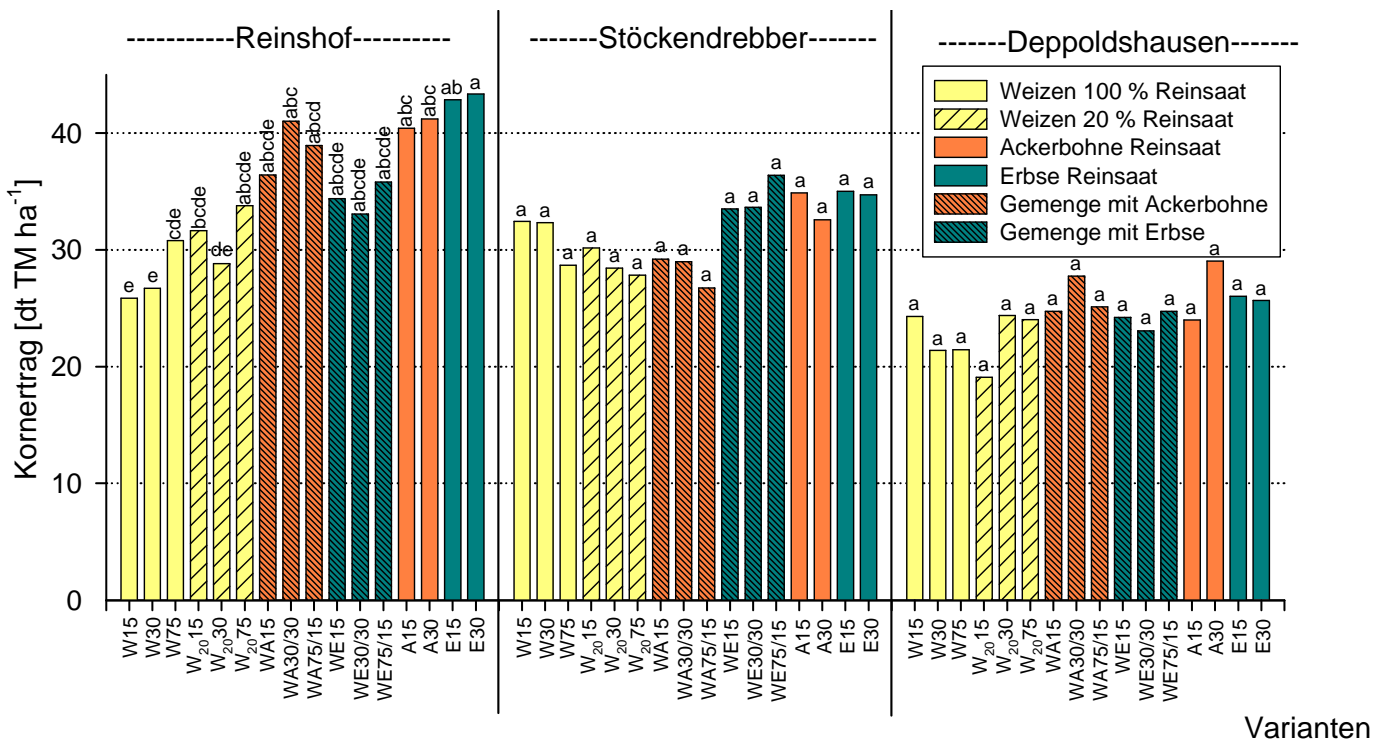


Abb. 14: Kornertrag der Nachfrucht Winterroggen an den Standorten Reinshof, Stöckendrebber, und Deppoldshausen im Jahr 2006 (verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Standorte, $\alpha = 0,05$ Tukey-Test)

2005 und Reinshof im Jahr 2006 waren die Ertragsleistungen nach Gemengebau nicht signifikant verschieden von den Kornerträgen des Roggens nach Körnerleguminosen Reinsaat. Im Jahr 2005 war am Standort Stöckendrebber der Kornertrag des Roggens nach der Variante Erbsenreinsaat 15 cm Reihenabstand mit im Mittel 33,8 dt TM ha⁻¹ signifikant größer als nach den Weizenreinsaatvarianten mit Ausnahme der Variante W₂₀30. Roggen nach der Vorfrucht Weizenreinsaat (W30) erzielte am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005 mit im Mittel 19,3 dt TM ha⁻¹ signifikant geringere Kornerträge als die Varianten WE75/15, A15, A30 und E15. Am Standort Reinshof war im Jahr 2006 der Kornertrag des Roggens nach den Variante Erbsenreinsaat mit 15 und 30 cm Reihenabstand mit im Mittel 42,8 und 43,3 dt TM ha⁻¹ signifikant größer als nach den Weizenreinsaatvarianten mit Ausnahme der Varianten W₂₀15 und W₂₀75. Am Standort Reinshof wurde im Mittel über beide Jahre ein Kornertrag des Roggens in Höhe von 35,3 dt TM ha⁻¹, am Standort Stöckendrebber in Höhe von 29,4 TM ha⁻¹ und in Deppoldshausen in Höhe 21,6 dt TM ha⁻¹ erzielt (Abb. 13 und 14).

Proteingehalte im Roggenkorn

Der Rohproteingehalt im Korn der Nachfrucht Winterroggen war an allen Standorten und Jahren in der Regel nicht signifikant verschieden zwischen den Anbauformen. Im Mittel wurden in den Jahren 2005 und 2006 an den Standorten Reinshof, Stöckendrebber sowie Deppoldshausen nach Erbsenreinsaaten ein Rohproteingehalt im Korn in Höhe von 7,3 und 7,3 %, 7,7 und 7,3 % sowie 8,2 und 8,1 % und nach Ackerbohnenreinsaaten in Höhe von 7,5 und 7,4 %, 7,4 und 7,0 %, sowie 7,9 und 7,8 % ermittelt. Darüber hinaus wurden nach den Gemengen in der Regel ebenfalls niedrige Proteingehalte im Korn des Roggens festgestellt: Nach Anbau des Gemengen mit Erbse wurden im Mittel 7,3 und 6,9 %, 7,3 und 7,0 % sowie 7,7 und 7,8 % und nach den Ackerbohngemengen 7,1 und 7,5 %, 7,4 und 6,9 % sowie 7,4 und 8,1 % (Jahre 2005 und 2006 an den Standorten Reinshof, Stöckendrebber und Deppoldshausen). Tendenziell die geringsten Proteingehalte im Korn des Roggens wurden nach den Weizenreinsaaten gefunden. Hier erreichte der Roggen nach 100 % Weizenreinsaaten im Mittel 7,3 und 7,1 %, 7,3 und 7,0 sowie 7,1 und 7,9 % und nach den 20 % Reinsaaten 7,2 und 7,2 %, 7,1 und 7,1 % sowie 7,2 und 7,6 % Rohprotein im Korn (Jahre 2005 und 2006 an den Standorten Reinshof, Stöckendrebber und Deppoldshausen). Am Standort Deppoldshausen wurden in beiden Jahren höhere Rohproteingehalte des Roggens als an den anderen Standorten festgestellt. Im ersten Nachfruchtjahr 2005 bestand hier ein signifikanter Unterschied im Proteingehalt des Roggen-

kornes nach der Weizenreinsaatvariante W75 im Vergleich zur Erbsenreinsaatvariante E15 (Abb. 15 und 16).

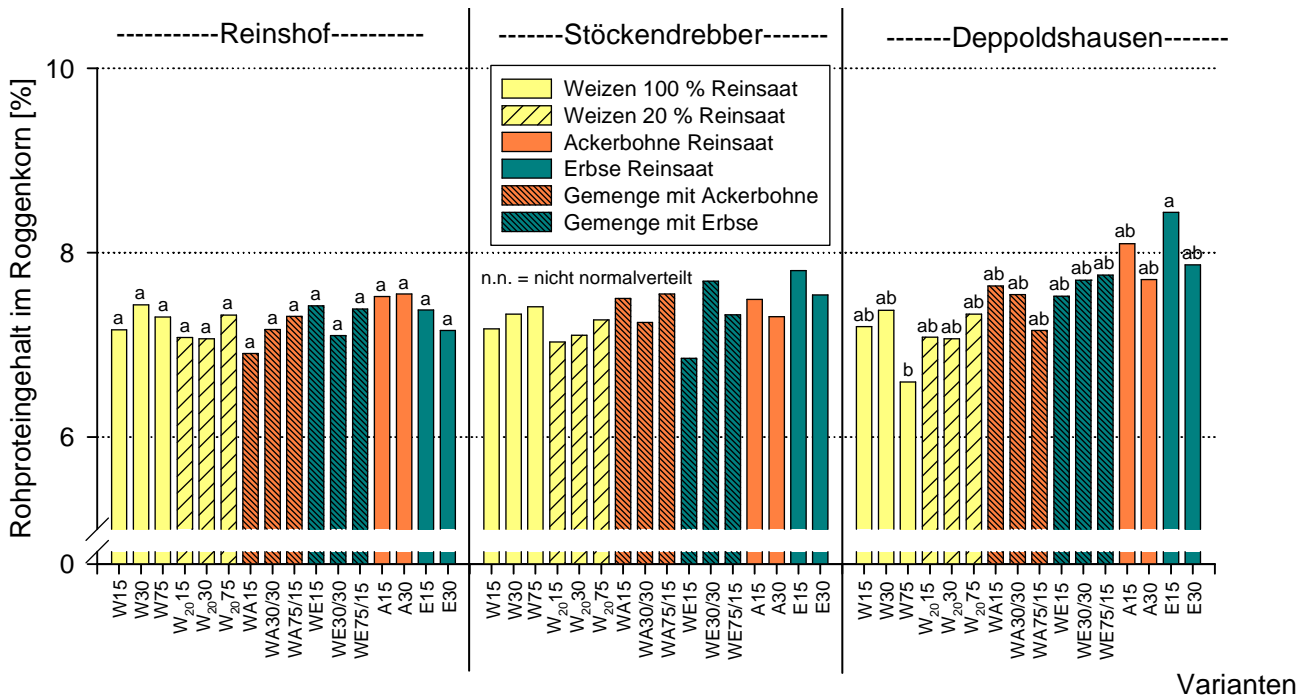


Abb. 15: Rohproteingehalt im Korn der der Nachfrucht Winterroggen an den Standorten Reinshof, Stöckendrebber und Deppoldshausen im Jahr 2005 (verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Standorte, $\alpha = 0,05$, Tukey-Test)

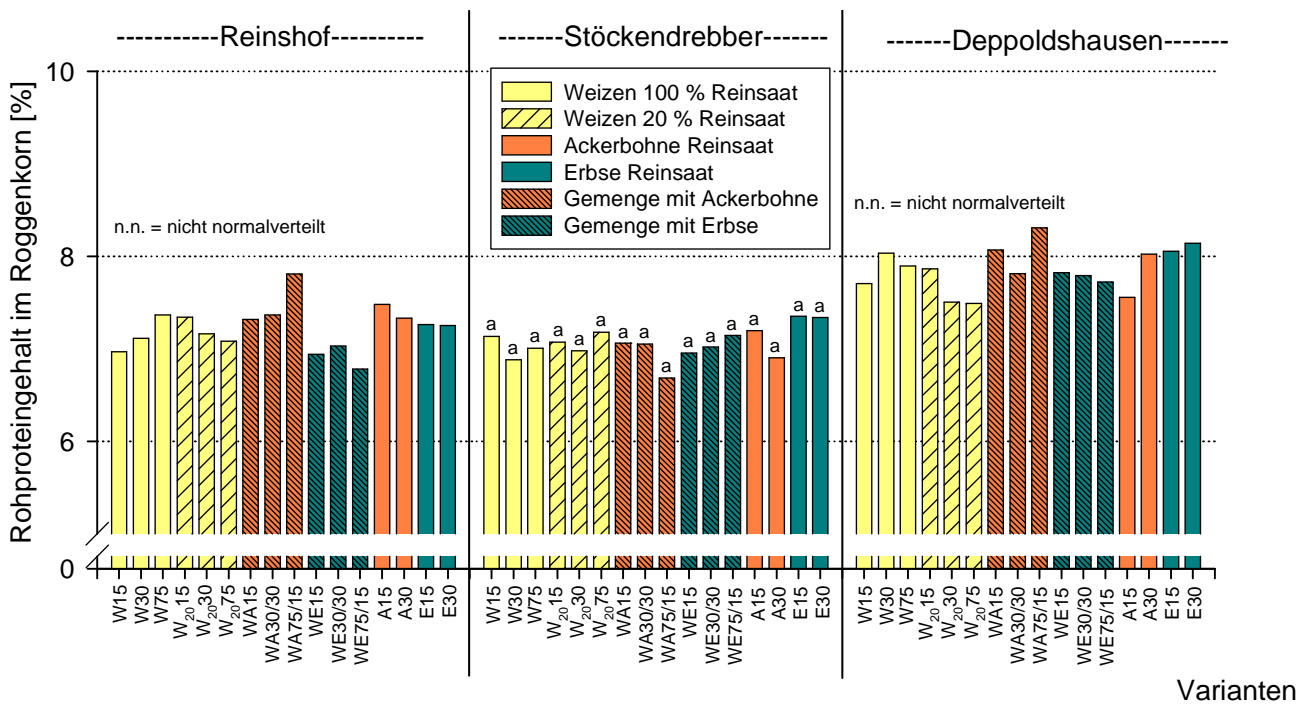


Abb. 16: Rohproteingehalt im Korn der der Nachfrucht Winterroggen an den Standorten Reinshof, Stöckendrebber und Deppoldshausen im Jahr 2006 (verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Standorte, $\alpha = 0,05$, Tukey-Test)

3.4 Qualitätsparameter Weizen

Rohproteingehalte

In der Regel war im Weizenkorn aus Gemengeanbau ein höherer Proteingehalt als aus Reinsaat vorhanden. Im Jahr 2004 erzielte am Standort Stöckendrebber der Weizen im Gemenge mit Erbse mit im Mittel 12,8 % die höchsten Rohproteingehalte. Die Rohproteingehalte des Weizens aus Gemengeanbau mit Ackerbohne waren mit im Mittel 10,0 % ähnlich hoch wie in den 100 % Reinsaaten mit im Mittel 9,4 % und den 20 % Reinsaaten mit im Mittel 9,5 % Rohprotein im Korn. An allen anderen Standorten und Jahren wurden die höchsten Proteingehalte des Weizens im Gemenge mit der Ackerbohne ermittelt: Im Mittel 14,1 und 15,3 (Standort Reinshof 2004 und 2005) 11,3 (Standort Stöckendrebber 2005), 12,7 und 10,2 % (Deppoldshausen 2004 und 2005). Insbesondere am Standort Reinshof wurden im Gemenge mit der Ackerbohne sehr hohe Proteingehalte des Weizens bis zu 15,6 % (Variante WA30/30 im Jahr 2005) erreicht. Aber auch die Gemenge mit der Erbse konnten zum Teil sehr hohe Proteingehalte mit im Mittel 11,5 % (Reinshof 2004) und 11,7 % (Deppoldshausen 2004) erzielt werden. Tendenziell lagen die Proteingehalte im Weizenkorn der 20 % Reinsaaten über denen aus 100 % Reinsaaten. In den 100 % Reinsaaten wies der Weizen in den Jahren 2004 und 2005 mit im Mittel 9,6 und 8,1 % (Stöckendrebber), 9,4 und 9,0 % (Reinshof) sowie 9,7 und 9,3 % (Deppoldshausen) nur geringe Proteingehalte im Korn auf (Tab. 26).

Tab. 26: Rohproteingehalte [%] des Weizens im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005

Standort und Jahr	Reinsaaten 100 %	Reinsaaten 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse
→				
REI 2004	9,6 n.n.	10,1 n.n.	14,1 n.n.	11,5 n.n.
REI 2005	8,1 n.n.	8,4 n.n.	15,3 n.n.	8,4 n.n.
STÖ 2004	9,4 n.n.	9,5 n.n.	10,0 n.n.	12,8 n.n.
STÖ 2005	9,0 n.n.	9,7 n.n.	11,3 n.n.	10,0 n.n.
DEP 2004	9,7 n.n. [#]	12,2 n.n.	12,7 n.n.	11,7 n.n.
DEP 2005	9,3 b	9,8 ab	10,2 a	9,3 b

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Standorte, $\alpha = 0,05$ Tukey-Test; n.n. = nicht normalverteilt; [#]Scheffé-Test

Die zweifaktorielle Auswertung der Rohproteingehalte des Weizenkornes ergab keine signifikante Wechselwirkung der Anbauform mit der Reihenweite. Der Rohproteingehalt im Weizenkorn war bei 75 cm Reihenabstand im Mittel über die Anbauformen tendenziell mit

im Mittel 12,5 und 10,5 % (Reinshof 2004 und 2005), 10,2 % (Stöckendrebber 2005) und 10,1 % (Deppoldshausen 2005) höher als bei 30 cm Reihenabstand mit im Mittel 11,2, und 10,0 %, 9,9 % sowie 9,4 % und 15 cm Reihenabstand mit im Mittel 10,3 und 9,7 %, 9,8 % sowie 9,5 %. Im Jahr 2004 wurden an den Standorten Stöckendrebber und Deppoldshausen im Mittel über die Anbauformen keine Unterschiede im Rohproteingehalt des Weizenkornes bei Veränderung der Reihenweite festgestellt (Tab. 27).

Tab. 27: Rohproteingehalte [%] des Weizens im Mittel über die Anbauformen an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005

Standort und Jahr	15 cm Reihenabstand	30 cm Reihenabstand	75 cm Reihenabstand
→			
REI 2004	10,3 n.n.	11,2 n.n.	12,5 n.n.
REI 2005	9,7 n.n.	10,0 n.n.	10,5 n.n.
STÖ 2004	10,5 n.n.	10,3 n.n.	10,4 n.n.
STÖ 2005	9,8 n.n.	9,9 n.n.	10,2 n.n.
DEP 2004	11,8 n.n. [#]	11,5 n.n.	11,4 n.n.
DEP 2005	9,5 n.n.	9,4 n.n.	10,1 n.n.

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Standorte, $\alpha = 0,05$ Tukey-Test; n.n. = nicht normalverteilt; [#]Scheffé-Test

Gehalt an Feuchtgluten

Im Hinblick auf den Gehalt an Feuchtgluten im Weizenkorn ergab sich ein zum Gehalt an Rohprotein ähnliches Bild. In der Regel wurden die höchsten Gehalte an Feuchtgluten im Weizenkorn aus Gemengebau mit Körnerleguminosen festgestellt. Am Standort Reinshof wurde in beiden Jahren im Gemenge mit der Ackerbohne ein sehr hoher Gehalt an Feuchtgluten im Weizen mit im Mittel 37,2 und 35,6 % (2004 und 2005) ermittelt. Im Jahr 2004 waren die Gehalte an Feuchtgluten des Weizens im Gemenge mit Erbse tendenziell geringer, aber mit im Mittel 30,3 % ebenfalls sehr hoch. Sie lagen stets über den Werten des Weizenkorns aus den 100 % sowie 20 % Reinsaaten mit im Mittel 24,2 und 25,4 % Feuchtgluten. Im Jahr 2005 wurde im Weizen aus den Gemengen mit Erbse mit im Mittel 17,3 % ein ähnlich hoher Gehalt an Feuchtgluten wie in den 100 % sowie 20 % Reinsaaten mit im Mittel 15,4 und 17,3 % erreicht. Am Standort Stöckendrebber wurde im Jahr 2004 im Weizen aus den Gemengen mit Erbse mit im Mittel 34,8 % ein deutlich höherer Gehalt an Feuchtgluten als im Weizen aus den Gemengen mit Ackerbohne mit im Mittel 23,5 % sowie aus den 100 % Reinsaaten mit im Mittel 21,4 % und den 20 % Reinsaaten mit im Mittel 21,7 % erzielt. Am Standort Stöckendrebber wurden im Jahr 2005 mit im Mittel 26,0 % höhere Gehalte an Feuchtgluten im Weizenkorn aus den Gemengen mit der

Ackerbohne als aus den Gemengen mit der Erbse mit im Mittel 20,4 % festgestellt, während die 100% und 20 % Reinsaaten mit im Mittel 16,8 und 19,1 % Feuchtgluten im Korn noch geringere Werte erbrachten. Am Standort Deppoldshausen wurde im Jahr 2004 im Weizenkorn ein Gehalt an Feuchtgluten des Weizenkorns mit im Mittel 26,7 und 27,6 % in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse ermittelt. Dieser Wert lag über dem Gehalt im Weizen aus den 100 % sowie 20 % Reinsaaten, der im Mittel 20,8 und 20,5 % aufwies. Im Jahr 2005 lagen die Feuchtglutengehalte des Weizens am Standort Deppoldshausen aus den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse mit im Mittel 27,5 und 27,3 % nur noch tendenziell über den Werten aus den 100 % sowie 20 % Reinsaaten mit im Mittel 23,8 und 23,6 % (Tab. 28).

Tab. 28: Feuchtglutengehalte [%] des Weizens im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005

Standort und Jahr	Reinsaaten 100 %	Reinsaaten 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse
→				
REI 2004	24,2 n.n.	25,4 n.n.	37,2 n.n.	30,3 n.n.
REI 2005	15,4 n.n.	17,3 n.n.	35,6 n.n.	17,3 n.n.
STÖ 2004	21,4 n.n.	21,7 n.n.	23,5 n.n.	34,8 n.n.
STÖ 2005	16,8 n.n.	19,1 n.n.	26,0 n.n.	20,4 n.n.
DEP 2004	20,8 b [#]	20,5 b	26,7 a	27,6 a
DEP 2005	23,8 n.n. [#]	23,6 n.n.	27,5 n.n.	27,3 n.n.

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Standorte, $\alpha = 0,05$ Tukey-Test; n.n. = nicht normalverteilt; [#]Scheffé-Test

Am Standort Reinshof wurde in beiden Jahren bei einer Reihenweite von 75 cm im Mittel über die Anbauformen mit 33,4 und 24,5 % ein höherer Feuchtglutengehalt des Weizens als bei 30 cm mit im Mittel 28,3 und 20,7 % sowie 15 cm Reihenabstand mit im Mittel 26,1 und 19,0 % Feuchtgluten festgestellt. Die zweifaktorielle Auswertung im Hinblick auf die Gehalte an Feuchtgluten im Weizenkorn ergab signifikante Wechselwirkungen der Anbauform mit der Reihenweite am Standort Stöckendrebber in den Jahren 2004 und 2005. So wurde im Jahr 2004 in den 100 % sowie 20 % Reinsaaten mit im Mittel 24,8 und 22,6 % Feuchtgluten im Korn bei 75 cm Reihenweite der höchste Gehalt an Feuchtgluten gemessen. Im Gemenge mit der Ackerbohne hingegen lag der höchste Feuchtglutengehalt mit im Mittel 24,1 % bei 15 cm Reihenweite (Mischsaat) und im Gemenge mit Erbse mit im Mittel 35,8 % bei 30 cm Reihenweite (alternierende Reihen). Im Jahr 2005 erklären sich die Wechselwirkungen am Standort Stöckendrebber darin, dass in den 100 % sowie 20 % Reinsaaten die höchsten Feuchtglutengehalte des Weizens mit im Mittel 18,6 und 21,8 %

bei 75 cm Reihenweite ermittelt wurden, während dies in den Gemenge mit Ackerbohne und Erbse mit im Mittel 28,1 und 22,3 % bei 15 cm Reihenweite (Mischsaat) der Fall war. Am Standort Deppoldshausen unterschieden sich die Gehalte an Feuchtgluten des Weizens im Mittel über die Anbauformen bei 15 cm mit 24,4 und 25,1 %, bei 30 cm mit im Mittel 24,2 und 25,3 % sowie bei 75 cm Reihenabstand mit im Mittel 23,1 und 26,3 % nicht von einander (Tab. 29).

Tab. 29: Feuchtglutengehalt im Weizenkorn [%] im Mittel über die Anbauformen an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005

Standort und Jahr	15 cm Reihenabstand	30 cm Reihenabstand	75 cm Reihenabstand
→			
REI 2004	26,1 n.n.	28,3 n.n.	33,4 n.n.
REI 2005	19,0 n.n.	20,7 n.n.	24,5 n.n.
STÖ 2004	24,8 n.n.	24,9 n.n.	26,4 n.n.
STÖ 2005	20,6 n.n.	19,7 n.n.	21,3 n.n.
DEP 2004	24,4 a [#]	24,2 a	23,1 a
DEP 2005	25,1 n.n. [#]	25,3 n.n.	26,3 n.n.

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Standorte, $\alpha = 0,05$ Tukey-Test; n.n. = nicht normalverteilt; [#]Scheffé-Test

SDS-Sedimentationswert

Am Standort Stöckendrebber wurde im Jahr 2004 der höchste SDS-Sedimentationswert des Weizens im Mittel über die Reihenweiten im Gemenge mit der Erbse mit 65,5 ml ermittelt, während die 100 % sowie die 20 % Reinsaaten des Weizens und insbesondere der Weizen aus dem Gemenge mit der Ackerbohne mit im Mittel 53,5, 57,0 und 52,9 ml signifikant darunter lagen. An den Standorten Stöckendrebber im Jahr 2005 sowie Reinshof im Jahr 2004 und 2005 konnte der höchste SDS-Sedimentationswert des Weizens mit im Mittel 87,8, 81,9 und 89,7 ml in den Gemengen mit Ackerbohne bestimmt werden. Der Weizen aus den 100 % Reinsaaten hingegen erzielte hier mit im Mittel 64,7 und 54,0 sowie 66,0, ml stets die geringsten SDS-Sedimentationsvolumina (Standort Reinshof 2004 und 2005, Standort Stöckendrebber 2005). In der Regel wurden beim Weizen aus den 20 % Reinsaaten mit im Mittel 71,2, 62,2 und 72,8, ml sowie beim Weizen aus dem die Gemenge mit Erbse mit im Mittel 61,2, 75,1 und 70,1 ml höhere SDS-Sedimentationsvolumina als beim Weizen aus den 100 % Reinsaaten aber geringere Werte als beim Weizen aus den Gemengen mit der Ackerbohne festgestellt (Standort Reinshof 2004 und 2005, Standort Stöckendrebber 2005). Am Standort Deppoldshausen erzielte der Weizen aus dem Gemenge mit der Ackerbohne im Jahr 2004 mit im Mittel 75,2 ml, der Weizen aus dem Ge-

menge mit der Erbse mit im Mittel 74,0 ml und der Weizen aus den 100 % Reinsaaten mit im Mittel 70,2 ml ähnlich hohe SDS-Sedimentationsvolumina, wohingegen der Weizen aus den 20 % Reinsaaten mit im Mittel 67,6 ml geringere Werte erbrachte. Am Standort Depoldshausen lag im Jahr 2005 der SDS-Sedimentationswert des Weizen aus den 20 % Reinsaaten mit im Mittel 77,4 ml signifikant über den Wertes des Weizens aus Gemengebau mit der Ackerbohne mit im Mittel 71,7 ml sowie den Gemengen mit Erbse mit im Mittel 72,5 ml SDS-Sedimentationsvolumen. Insgesamt kann festgestellt werden, dass die SDS-Sedimentationswerte sehr hoch ausfielen (Tab. 30).

Tab. 30: SDS-Sedimentationswert [ml] des Weizens im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005

Standort und Jahr	Reinsaaten 100 %	Reinsaaten 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse
→				
REI 2004	64,7 c	71,2 b	81,9 a	75,1 b
REI 2005	54,0 n.n.	62,2 n.n.	89,7 n.n.	61,2 n.n.
STÖ 2004	53,5 bc	57,0 b	52,9 c	65,5 a
STÖ 2005	66,0 n.n.	72,8 n.n.	87,8 n.n.	70,1 n.n.
DEP 2004	70,2 n.n.	67,6 n.n.	75,2 n.n.	74,0 n.n.
DEP 2005	72,6 ab	77,4 a	71,7 b	72,5 b

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Standorte, $\alpha = 0,05$ Tukey-Test; n.n. = nicht normalverteilt

Die zweifaktorielle Auswertung der SDS-Sedimentationsvolumina des Weizens ergab Wechselwirkungen der Anbauform mit der Reihenweite am Standort Stöckendrebber in den Jahren 2004 und 2005 sowie am Standort Reinshof und Deppoldshausen im Jahr 2005. Im Mittel über die Anbauformen waren hierbei am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 keine signifikanten Unterschiede auf die Höhe des SDS-Sedimentationsvolumens in Abhängigkeit vom Reihenabstand zu erkennen, während an den Standorten Stöckendrebber Reinshof und Deppoldshausen im Jahr 2005 höhere SDS-Sedimentationsvolumina des Weizens mit im Mittel über die Anbauformen von 79,2, 73,7 und 76,5 ml bei 75 cm Reihenabstand als bei 15 cm mit im Mittel 71,3, 61,9 und 71,7 ml sowie bei einem Anbau mit 30 cm Reihenabstand mit im Mittel 72,0, 64,8 und 72,3 ml auftraten (Tab. 31). Im Jahr 2004 wurde am Standort Stöckendrebber in den 100 % sowie 20 % Reinsaaten mit im Mittel 58,5 und 59,2 ml bei 75 cm Reihenweite, im Gemenge mit der Ackerbohne mit im Mittel 53,0 ml bei 15 cm Reihenweite (Mischsaat) und im Gemenge mit Erbse mit im Mittel 69,3 ml bei 30 cm Reihenweite (alternierende Reihen) der höchste SDS-Sedimentationswert des Weizens gemessen. Im Jahr 2005 finden die signifikanten Wechselwirkungen am

Standort Stöckendrebber eine Erklärung darin, dass in den 100 % sowie 20 % Reinsaaten und dem Reihen-Streifen-Gemenge mit der Erbse mit im Mittel 75,8, 81,1 und 73,1 ml Sedimentationsvolumen bei 75 cm Reihenweite der höchste SDS-Sedimentationswert ermittelt wurde, während dieses in den Gemengen mit Ackerbohne bei 15 cm (Mischsaat: 90,1 ml) der Fall war. Am Standort Reinshof erzielte im Jahr 2005 der Weizen stets bei 75 cm Reihenweite die höchsten SDS-Sedimentationswerte mit im Mittel 63,5 und 71,8 ml in den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie 92,3 und 67,2 ml und den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse (Reihen-Streifen-Gemenge). Auch wurde ein Anstieg der SDS-Sedimentationswerte des Weizens bei einem Anbau mit 15 cm über 30 cm zu 75 cm Reihenweite in allen Anbauformen festgestellt. Allerdings war dieser Anstieg bei den Gemengen mit Ackerbohne von 15 cm Reihenabstand mit im Mittel 87,5 ml über 30 cm Reihenabstand mit im Mittel 89,4 ml zu 75 cm Reihenabstand mit im Mittel 92,2 ml SDS-Sedimentationsvolumen nicht so stark wie in den anderen Anbauformen. Am Standort Deppoldshausen erklären sich die im Jahr 2005 festgestellten signifikanten Wechselwirkungen darin, dass in den 100 % sowie 20 % Reinsaaten und im Reihen-Streifen-Gemenge mit Ackerbohne mit im Mittel 80,8, 79,1 und 74,5 ml bei 75 cm Reihenweiten der höchste SDS-Sedimentationswert des Weizens ermittelt wurde, während es in den Gemenge mit Erbse mit im Mittel 73,3 ml bei 30 cm (alternierende Reihen) der Fall war. An den Standorten Reinshof sowie Deppoldshausen traten im Jahr 2004 keine Wechselwirkungen von Anbauform und Reihenweite im Hinblick auf den SDS-Sedimentationswert des Weizens auf. Bei 75 cm Reihenabstand konnte am Standort Reinshof mit im Mittel über die Anbauformen von 78,3 ml ein signifikant höherer SDS-Sedimentationswert als bei 15 cm mit im Mittel 69,6 ml und 30 cm mit im Mittel 71,8 ml festgestellt werden (Jahr 2004).

Tab. 31: SDS-Sedimentationswert [ml] des Weizens im Mittel über die Anbauformen an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005

Standort und Jahr	15 cm Reihenabstand	30 cm Reihenabstand	75 cm Reihenabstand
→			
REI 2004	69,6 b	71,8 b	78,3 a
REI 2005	61,9 n.n.	64,8 n.n.	73,7 n.n.
STÖ 2004	56,7 a	56,9 a	58,1 a
STÖ 2005	71,3 n.n.	72,0 n.n.	79,2 n.n.
DEP 2004	71,5 n.n.	72,1 n.n.	71,6 n.n.
DEP 2005	71,7 b	72,3 b	76,5 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Standorte, $\alpha = 0,05$ Tukey-Test; n.n. = nicht normalverteilt

Am Standort Deppoldshausen wurde im Jahr 2004 mit im Mittel 71,5 ml bei 15 cm Reihenabstand, 72,1 ml bei 30 cm Reihenabstand und 71,6 ml Sedimentationsvolumen des Weizens bei 75 cm Reihenabstand kein Einfluss der Reihenweite auf die Höhe des SDS-Sedimentationswertes nachgewiesen (Tab. 31).

Mikro-Rapid-Mix-Test (MRMT)

Aufgrund des Verbackens von Vollkornmehlen wurden beim hier genutzten Mikro-Rapid-Mix-Test (MRMT) nur sehr geringe Backvolumina zwischen 216,3 und 311,3 ml je 100 g Mehl im Vergleich zu einem Backtest mit Mehlen der Type 405 ermittelt. Mit dem Weizen aus Gemengebau mit der Ackerbohne im Mittel über die Reihenweiten wurde unabhängig von Standort und Jahr das höchste Backvolumen im MRMT erzielt. Am Standort Reinshof lag im Jahr 2005 das Backvolumen des Weizens im MRMT nach Anbau aus den Gemengen mit Ackerbohne mit im Mittel 291,8 ml je 100 g Mehl deutlich über dem Volumen aus Proben des Gemengebaus mit der Erbse mit im Mittel 258,0 ml je 100 g Mehl und den 100 % sowie 20 % Reinsaaten mit im Mittel 256,5 und 256,3 ml je 100 g Mehl. Mit dem Weizen vom Standort Stöckendrebber wurde im Jahr 2004 im Mittel im Gemenge mit der Ackerbohne 270,8 ml je 100 g Mehl ähnlich hohe Werte wie Weizen aus den 100 % sowie 20 % Reinsaaten mit im Mittel 265,4 und 260,4 ml je 100 g Mehl erreicht. Diese Werte lagen über dem Mittel des Weizens aus den Gemengen mit Erbse von 240,0 ml je 100 g Mehl. Weizenproben des Jahres 2005 vom Standort Stöckendrebber aus den Gemengen mit der Ackerbohne erzielten mit im Mittel 297,0 ml je 100 g Mehl signifikant höhere Backvolumina im MRMT als entsprechender Weizen aus den Gemengen mit Erbse und den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten, die im Mittel 274,3 267,3 und 267,8 ml je 100 g Mehl aufwiesen. Weizenproben vom Standort Reinshof des Versuchsjahres 2004 wiesen nach dem Anbau im Gemenge mit Ackerbohne im Mittel 310,4 ml je 100 g Mehl nicht signifikant verschiedene Backvolumina auf wie der Weizen aus Anbau im Gemenge mit der Erbse mit im Mittel 295,8 ml je 100 g Mehl. Die Werte unterschieden sich signifikant von den 100 % Reinsaaten mit im Mittel 273,7 ml je 100 g Mehl. Weizenproben aus den 20 % Reinsaaten erreichten im Mittel einen Wert von 283,3 ml je 100 g Mehl und waren nicht signifikant verschieden von den 100 % Reinsaaten und den Gemengen mit der Erbse. Weizen des Erntejahres 2004 vom Standort Deppoldshausen erreichte ebenfalls nach Gemengebau mit der Ackerbohne mit im Mittel 266,3 ml je 100 g Mehl signifikant höhere Volumina als Weizen aus den 100 % Reinsaaten mit im Mittel 238,5 ml je 100 g Mehl. Weizen aus den 20 % Reinsaaten mit im Mittel 243,3 ml je 100 g Mehl sowie aus Gemengebau mit der Erbse mit im Mittel 248,7 ml je 100 g Mehl unterschieden sich nicht signifikant im Backvo-

lumen. Sie unterschieden sich auch nicht von den Backvolumina, die mit Weizen aus den 100 % Reinsaaten und den Gemengen mit Ackerbohne erreicht wurden. Das Backvolumen im MRMT des Weizens aus den Gemengen mit Ackerbohne fiel am Standort Depoldshausen im Jahr 2005 mit im Mittel 272,5 ml je 100 g Mehl nur tendenziell höher aus als aus den Gemengen mit Erbse mit im Mittel 266,8 ml je 100 g Mehl und des Weizens aus den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten mit im Mittel 259,3 und 265,3 ml je 100 g Mehl (Tab. 32).

Tab. 32: Erzielte Backvolumen im Mikro-Rapid-Mix-Test [ml je 100 g Mehl] des Weizens im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005

Standort und Jahr	Reinsaaten 100 %	Reinsaaten 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse
→				
REI 2004	273,7 c	283,3 bc	310,4 a	295,8 ab
REI 2005	256,5 n.n.	256,3 n.n.	291,8 n.n.	258,0 n.n.
STÖ 2004	265,4 n.n.	260,4 n.n.	270,8 n.n.	240,0 n.n.
STÖ 2005	267,3 b	267,8 b	297,0 a	274,3 b
DEP 2004	238,5 b [#]	243,3 ab	266,3 a	248,7 ab
DEP 2005	259,3 n.n.	265,3 n.n.	272,5 n.n.	266,8 n.n.

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Standorte, $\alpha = 0,05$ Tukey-Test; n.n. = nicht normalverteilt; [#]Scheffé-Test

Die zweifaktorielle Auswertung der Backvolumina des Weizens ergab keine signifikanten Wechselwirkungen der Anbauform mit der Reihenweite. Tendenziell zeigte sich, dass bei Weizen aus einem Reihenabstand von 75 cm höhere Volumina zu verzeichnen waren als nach Anbau mit einem Reihenabstand von 15 und 30 cm. Am Standort Reinshof konnte dies im Jahr 2004 statistisch gesichert werden (Tab. 33).

Tab. 33: Erzielte Backvolumen im Mikro-Rapid-Mix-Test [ml je 100 g Mehl] des Weizens im Mittel über die Anbauformen an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) in den Jahren 2004 und 2005

Standort und Jahr	15 cm Reihenabstand	30 cm Reihenabstand	75 cm Reihenabstand
→			
REI 2004	281,3 b	290,3 b	303,1 a
REI 2005	252,8 n.n.	266,6 n.n.	277,6 n.n.
STÖ 2004	251,3 n.n.	255,9 n.n.	270,3 n.n.
STÖ 2005	271,5 a	278,5 a	279,9 a
DEP 2004	253,2 a [#]	246,5 a	248,0 a
DEP 2005	263,0 n.n.	258,3 n.n.	276,8 n.n.

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Standorte, $\alpha = 0,05$ Tukey-Test; n.n. = nicht normalverteilt; [#]Scheffé-Test

Hier erzielte der Weizen im Mittel über die Anbauformen bei einer Reihenweite von 75 cm mit 303,1 ml je 100 g Mehl ein signifikant höheres Volumen als nach einem Anbau bei 15 cm Reihenabstand mit im Mittel 281,3 ml je 100 g Mehl und 30 cm Reihenabstand mit im Mittel 290,3 ml je 100 g Mehl (Tab. 33).

Fallzahl

Weizen vom Standort Stöckendrebber des Jahres 2004 wies signifikant höhere Fallzahlen im Mittel über die Reihenweiten mit 333,2 und 317,7 s in den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten gegenüber den Gemengen mit Ackerbohne mit im Mittel 287,2 s und den Gemenge mit Erbse mit im Mittel 258,6 s auf. Ähnlich verhielt es sich Weizenproben vom Standort Deppoldshausen des Jahres 2004. Hier erzielte der Weizen aus den 100 % Reinsaaten mit im Mittel 327,1 s eine signifikant höhere Fallzahl als der Weizen aus den 20 % Reinsaaten mit im Mittel 283,1 s und den Gemengen mit Ackerbohne mit im Mittel 262,2 s, welche wiederum signifikant höher war als die Fallzahl des Weizen aus den Gemenge mit Erbse mit im Mittel 187,6 s. Weizenproben vom Standort Reinshof aus den Gemengen mit Ackerbohne mit im Mittel 423,6 und 388,9 s (Reinshof 2004 und 2005), 394,6 s (Stöckendrebber 2005) und 285,3 s (Deppoldshausen 2005) waren durch die höchsten Fallzahlen charakterisiert. Weizen aus dem Erntejahr 2005 vom Standort Stöckendrebber zeichnete sich aus Gemenge mit der Erbse mit im Mittel 256,0 s durch eine geringere Fallzahl aus als der entsprechende Weizen aus den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten mit im Mittel 293,0 und 316,2 s. Im Jahr 2004 lag die Fallzahl des Weizens vom Standort Reinshof aus den Gemengen mit der Erbse mit im Mittel 411,6 s unter dem Wert des Weizens aus den Gemengen mit der Ackerbohne. Sie lagen aber über den Werten aus den 100 % bzw.

Tab. 34: Fallzahl [s] des Weizens im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) der Jahre 2004 und 2005

Standort und Jahr	Reinsaaten 100 %	Reinsaaten 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse
→				
REI 2004	352,5 n.n.	395,6 n.n.	423,6 n.n.	411,6 n.n.
REI 2005	331,9 n.n.	292,6 n.n.	388,9 n.n.	308,5 n.n.
STÖ 2004	333,2 a	317,7 a	287,2 b	258,6 c
STÖ 2005	293,0 n.n.	316,2 n.n.	394,6 n.n.	256,0 n.n.
DEP 2004	327,1 a	283,1 b	262,2 b	187,6 c
DEP 2005	179,3 n.n.	204,4 n.n.	285,3 n.n.	216,5 n.n.

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Standorte, $\alpha = 0,05$ Tukey-Test; n.n. = nicht normalverteilt; #Scheffé-Test

20 % Reinsaat mit im Mittel 352,6 und 395,6 s. Weizen aus den 100 % Reinsaat der Standorte Reinshof und Deppoldshausen (Erntejahr 2005) wies mit im Mittel 331,9 und 179,3 s, aus 20 % Reinsaat mit im Mittel 292,3 und 204,4 s sowie den Gemengen mit der Erbse mit im Mittel 308,5 und 216,5 s jeweils ähnlich hohe Werte am jeweiligen Standort auf (Tab. 34).

Die zweifaktorielle Auswertung der Fallzahl des Weizens ergab signifikante Wechselwirkungen der Anbauform mit der Reihenweite am Standort Reinshof im Jahr 2004. Tendenziell wurden hier die höchsten Fallzahlen des Weizens aus einem Anbau mit 75 cm Reihenweite im Mittel über die Anbauformen bestimmt. Dabei gab es eine Reihung von 15 cm (geringste Fallzahlen) über 30 cm zu 75 cm Reihenweite. Dies traf allerdings für die 20 % Reinsaat nicht zu. Bei 30 cm Reihenweite wurde hier mit im Mittel 388,8 s eine geringere Fallzahl des Weizens ermittelt als bei 15 cm mit im Mittel 392,5 s und 75 cm mit im Mittel 405,6 s. An den anderen Standorten und Versuchsjahren war in der Regel eine höhere Fallzahl im Mittel über die Anbauformen bei 75 cm Reihenweite festzustellen. Am Standort Stöckendrebber wurde im Jahr 2004 mit im Mittel 321,9 s bei 75 cm Reihenabstand eine signifikant höhere Fallzahl des Weizens als bei 15 cm Reihenabstand mit im Mittel 286,9 s und 30 cm Reihenabstand mit im Mittel 288,7 s ermittelt. Am Standort Deppoldshausen war im Jahr 2004 die Fallzahl des Weizens nach Anbau bei 75 cm Reihenweite mit im Mittel 282,9 s ebenfalls signifikant höher als bei einem Anbau mit 30 cm Reihenweite mit im Mittel 246,7 s. Im Mittel über die Anbauformen wurden am Standort Reinshof im Jahr 2004 bei 75 cm Reihenweite mit im Mittel 413,6 s die höchste Fallzahl bestimmt (Tab. 35).

Tab. 35: Fallzahl [s] des Weizens im Mittel über die Anbauformen an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) der Jahre 2004 und 2005

Standort und Jahr	15 cm Reihenabstand	30 cm Reihenabstand	75 cm Reihenabstand
→			
REI 2004	383,5 n.n.	390,5 n.n.	413,6 n.n.
REI 2005	320,4 n.n.	311,6 n.n.	359,3 n.n.
STÖ 2004	286,9 b	288,7 b	321,9 a
STÖ 2005	318,8 n.n.	308,0 n.n.	318,0 n.n.
DEP 2004	265,5 ab	246,7 b	282,9 a
DEP 2005	206,9 n.n.	226,5 n.n.	230,7 n.n.

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb der Standorte, $\alpha = 0,05$ Tukey-Test; n.n. = nicht normalverteilt; #Scheffé-Test

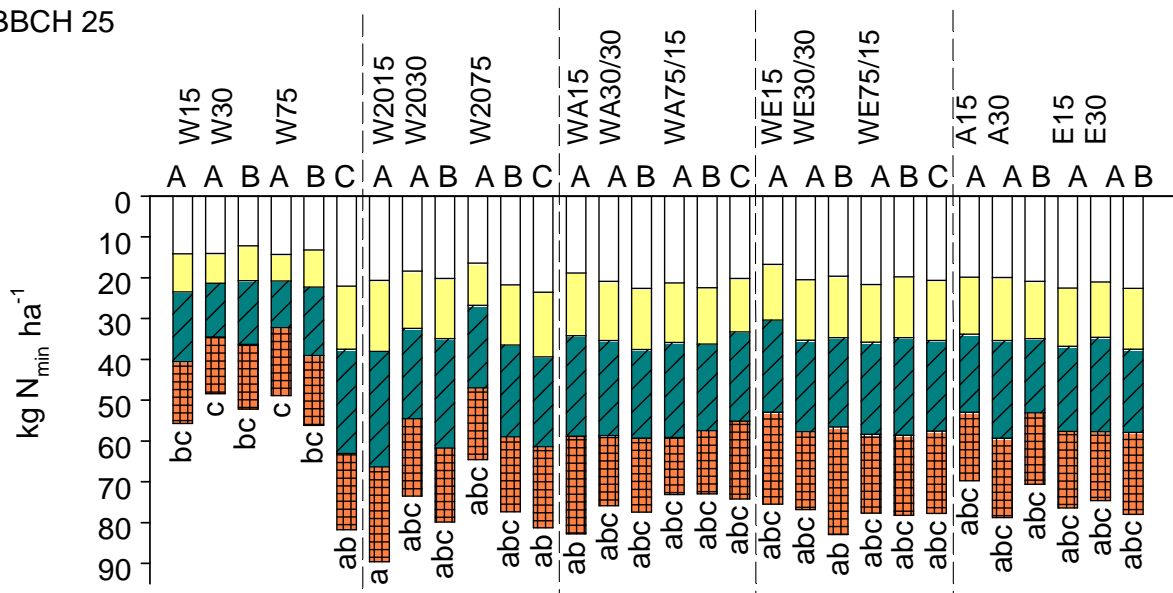
3.5 N_{min}-Menge im Boden

Die N_{min}-Beprobungen im Boden erfolgten zu den drei Ernteterminen des Weizens, die zu den Entwicklungsstadien des Weizens BBCH 25, 65 und 89 durchgeführt wurden. Am Standort Reinshof wurden zu Versuchsbeginn am 17.09.2003 in der Summe aus 0 bis 120 cm Tiefe 64,2 kg N_{min} ha⁻¹ ermittelt (0 bis 30 cm 35,4 kg N_{min} ha⁻¹, 30 bis 60 cm 11,9 kg N_{min} ha⁻¹, 60 bis 90 cm 9,2 kg N_{min} ha⁻¹ und 90 bis 120 cm 7,8 kg N_{min} ha⁻¹). Zur ersten Ernte im Jahr 2004 zeigte sich deutlich, dass die 100 % Reinsaaten geringere N_{min}-Vorräte im Boden mit Ausnahme der Probenahmeorte C bei der Variante W75 als alle anderen Anbauformen aufwiesen (Abb. 17). So wurden im Mittel bei den 100 % Reinsaaten 57,2 kg N_{min} ha⁻¹, bei den 20 % Reinsaaten im Mittel 77,7 kg N_{min} ha⁻¹, bei den Gemengen mit Ackerbohne im Mittel 76,1 kg N_{min} ha⁻¹, bei den Gemengen mit Erbse 78,1 kg N_{min} ha⁻¹ und bei den Leguminosenreinsaaten im Mittel 75,0 kg N_{min} ha⁻¹ bestimmt. Mit signifikant höheren N_{min}-Mengen im Boden am Probenahmeort C im Vergleich zum Probenahmeort A in der Weizenreinsaatvariante W75 wurde zur Bestockung (BBCH 25) ein Gradient im N_{min}-Vorrat des Bodens zur Mitte des Reihenzwischenraumes in den 100 % Reinsaaten des Weizens deutlich. Dieser war in den 20 % Reinsaaten tendenziell aber nicht in den Gemengen mit den Körnerleguminosen zu beobachten. Zum zweiten Erntetermin hatte der Weizen in allen Reinsaaten den N_{min}-Vorrat des Bodens deutlich reduziert, während dies in den Gemengen nicht der Fall war. Im Mittel wurden bei den 100 % Reinsaaten 15,4 kg N_{min} ha⁻¹, bei den 20 % Reinsaaten 16,0 N_{min} ha⁻¹, bei den Gemengen mit Ackerbohne 32,8 kg N_{min} ha⁻¹, bei den Gemengen mit Erbse 31,0 N_{min} ha⁻¹ und bei den Leguminosenreinsaaten 56,1 kg N_{min} ha⁻¹ in 0 bis 120 cm Bodentiefe festgestellt. Im Jahr 2004 konnte in den Gemengen zur Blüte ein deutlicher Gradient an N_{min} im Boden festgestellt werden, der möglicherweise eine zeitlich und räumlich die Nutzung des N_{min}-Vorrates durch den Weizen verzögerte (Abb. 17). So wurden in den Reihen-Streifen-Gemengen am Probenahmeort A (auf der Weizenreihe) im Unterboden (60 bis 120 cm) im Gemenge mit der Ackerbohne 25,1 kg N_{min} ha⁻¹, am Probenahmeort B (Ackerbohnenreihe neben Weizenreihe) 22,5 kg N_{min} ha⁻¹ und am Probenahmeort C (zweite Ackerbohnenreihe neben Weizenreihe) 31,3 kg N_{min} ha⁻¹ ermittelt. Die entsprechenden N_{min}-Vorräte im Boden im Reihen-Streifen-Gemenge mit der Erbse beliefen sich auf 15,2 kg N_{min} ha⁻¹ (Probenahmeort A), 20,8 kg N_{min} ha⁻¹ (Probenahmeort B) und 30,2 kg N_{min} ha⁻¹ (Probenahmeort C). Zur Kornreife (BBCH 87) waren die N_{min}-Mengen im Boden relativ stark ausgeschöpft. Im Reihen-Streifen-Gemenge mit der Ackerbohne kehrte sich der Gradient um. Hier war unter der Weizenreihe etwas mehr mineralischer Stickstoff als unter den Ackerbohnenreihen

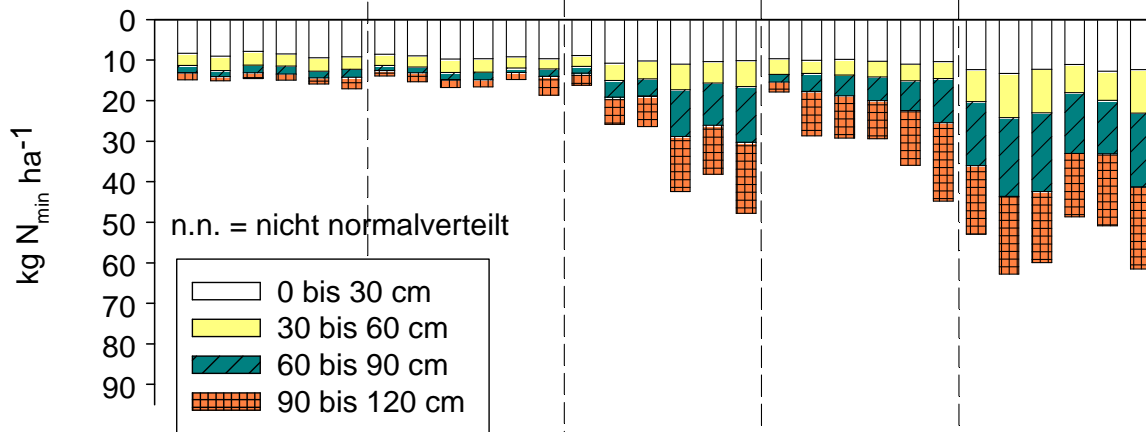
Standort Reinshof 2004

Variante
N_{min}-Probenahme-Ort

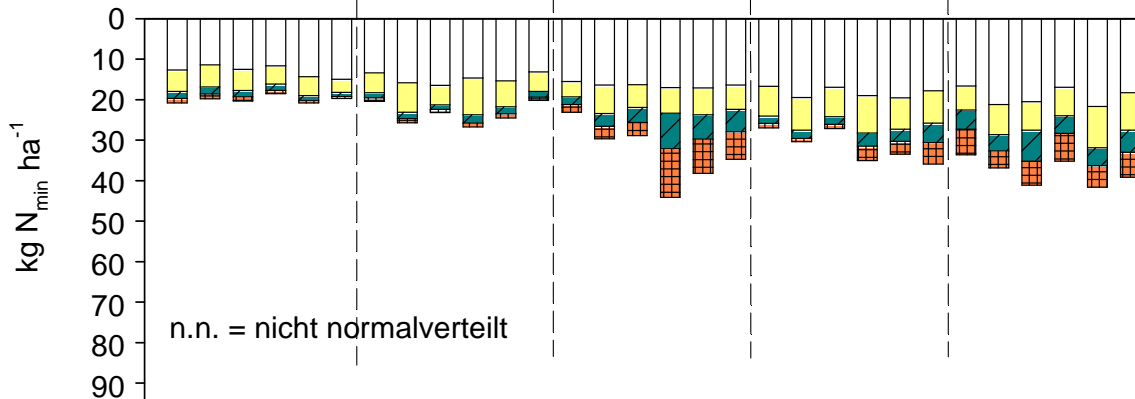
BBCH 25



BBCH 65



BBCH 89



verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, $\alpha = 0,05$

Abb. 17: N_{min}-Menge im Boden aller Prüfglieder am Standort Reinshof im Jahr 2004

vorhanden. Offensichtlich ist hier direkt unter der Weizenreihe der N_{\min} -Vorrat aus den Bodentiefen 60 bis 90cm und 90 bis 120 cm nicht mehr genutzt worden (Abb. 17).

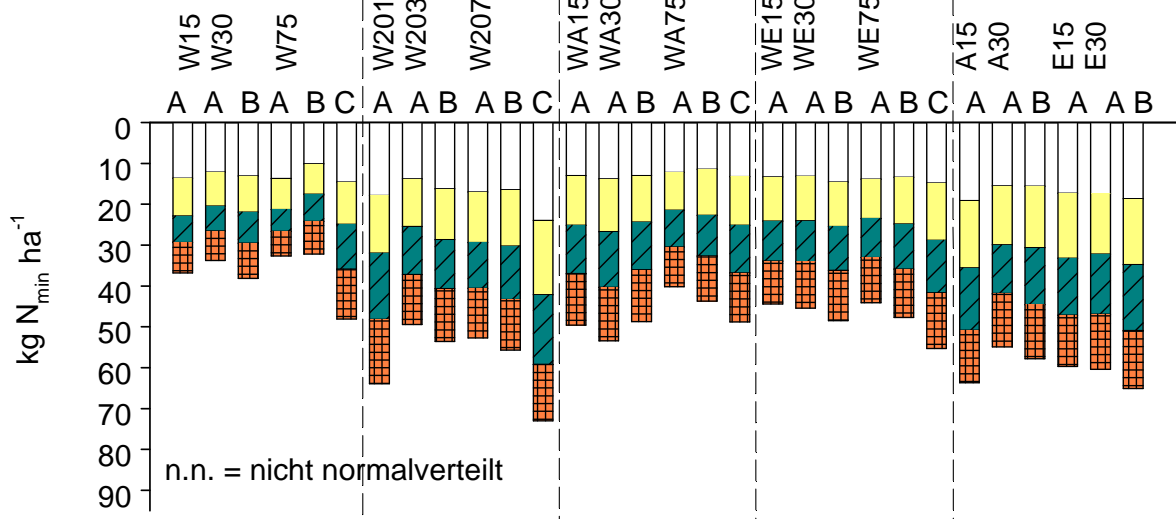
Am Standort Reinshof wurden zu Beginn der zweiten Versuchsserie am 03.11.2004 in der Summe 0 bis 120 cm Bodentiefe 46,8 kg N_{\min} ha⁻¹ ermittelt (0 bis 30 cm: 17,3 kg N_{\min} ha⁻¹, 30 bis 60 cm: 21,1 kg N_{\min} ha⁻¹, 60 bis 90 cm: 4,9 kg N_{\min} ha⁻¹ und 90 bis 120 cm: 3,5 kg N_{\min} ha⁻¹). Zur ersten Ernte (BBCH 25) lagen im Mittel bei den 100 % Reinsaaten 37,0 kg N_{\min} ha⁻¹, bei den 20 % Reinsaaten im Mittel 58,1 kg N_{\min} ha⁻¹, bei den Gemengen mit Ackerbohne im Mittel 47,4 kg N_{\min} ha⁻¹, bei den Gemengen mit Erbse 47,6 kg N_{\min} ha⁻¹ und bei den Leguminosenreinsaaten im Mittel 60,3 kg N_{\min} ha⁻¹ in 0 bis 120 cm Tiefe vor. Der Gradient an N_{\min} im Boden war zu diesem Zeitpunkt bei allen Varianten mit 75 cm Reihenabstand des Weizens zu erkennen. Zum zweiten Erntetermin (BBCH 65) zeigten die Weizenreinsaaten und die Gemenge ein ähnliches Bild. Es waren im Mittel bei den 100 % Reinsaaten 25,3 kg N_{\min} ha⁻¹, bei den 20 % Reinsaaten im Mittel 28,1 kg N_{\min} ha⁻¹, bei den Gemengen mit Ackerbohne im Mittel 29,8 kg N_{\min} ha⁻¹, bei den Gemengen mit Erbse 27,4 kg N_{\min} ha⁻¹ und bei den Leguminosenreinsaaten im Mittel 44,9 kg N_{\min} ha⁻¹ im Boden (0 bis 120 cm) vorhanden. Im Unterboden (60 bis 120 cm) befanden sich nur tendenziell höhere N_{\min} -Mengen am Probenahmeort C im Reihen-Streifen-Gemenge mit Ackerbohne mit im Mittel 13,0 kg N_{\min} ha⁻¹ und mit der Erbse mit im Mittel 11,3 kg N_{\min} ha⁻¹ im Vergleich zu den Weizenreinsaaten W75 mit im Mittel 8,7 kg N_{\min} ha⁻¹ und W₂₀75 mit im Mittel 10,9 kg N_{\min} ha⁻¹. Zu BBCH 89 des Weizens waren die N_{\min} -Vorräte im Boden mit Ausnahme der Leguminosenreinsaaten stark ausgeschöpft. Es fiel auf, dass die Gemenge mit Erbse mit im Mittel 15,6 kg N_{\min} ha⁻¹ etwas geringere N_{\min} -Mengen im Boden aufwiesen als die 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten mit im Mittel 20,3 und 21,6 kg N_{\min} ha⁻¹ sowie die Gemenge mit Ackerbohne mit im Mittel 24,0 kg N_{\min} ha⁻¹. Die Leguminosenreinsaaten hinterließen im Mittel 38,4 kg N_{\min} ha⁻¹ (Abb. 18).

Am Standort Stöckendrebber wurde zusätzlich im ersten Versuchsjahr die Gefahr der Auswaschung an N_{\min} -Stickstoff über die Wintermonate beobachtet (je acht Einstiche über die gesamte Versuchsfläche). So konnte am 23.10.2003 in der Summe aus 0 bis 120 cm Tiefe ein Vorrat in Höhe von 111,2 kg N_{\min} ha⁻¹ gemessen werden. Auch am 18.12.2003 war der Wert in der Summe mit 116,1 kg N_{\min} ha⁻¹ sehr hoch, allerdings waren hier insbesondere in den unteren Bodenschichten 60 bis 90 und 90 bis 120 cm größere N_{\min} -Mengen vorhanden. Am 07.02.2004 wurden in der Summe nur noch 36,6 kg N_{\min} ha⁻¹ festgestellt (Tab. 36).

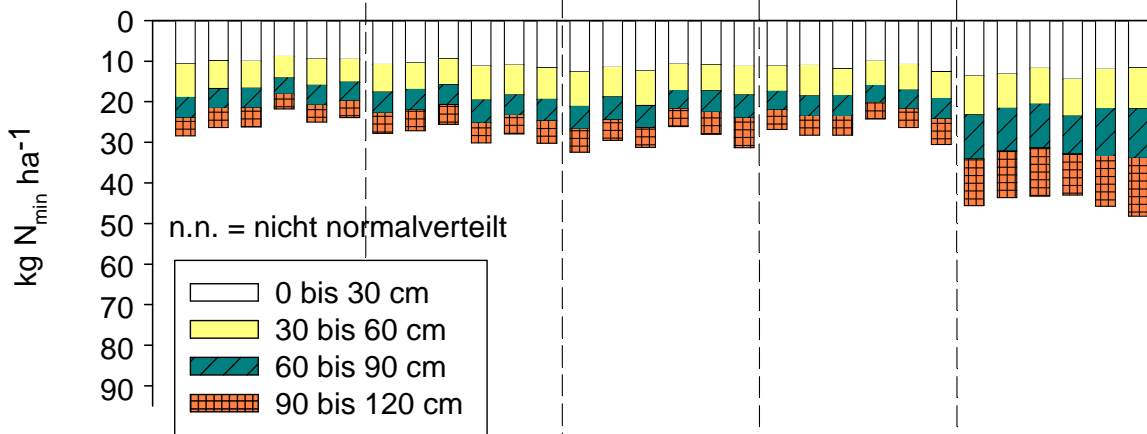
Standort Reinshof 2005

Variante
N_{min}-Probenahme-Ort

BBCH 25



BBCH 65



BBCH 89

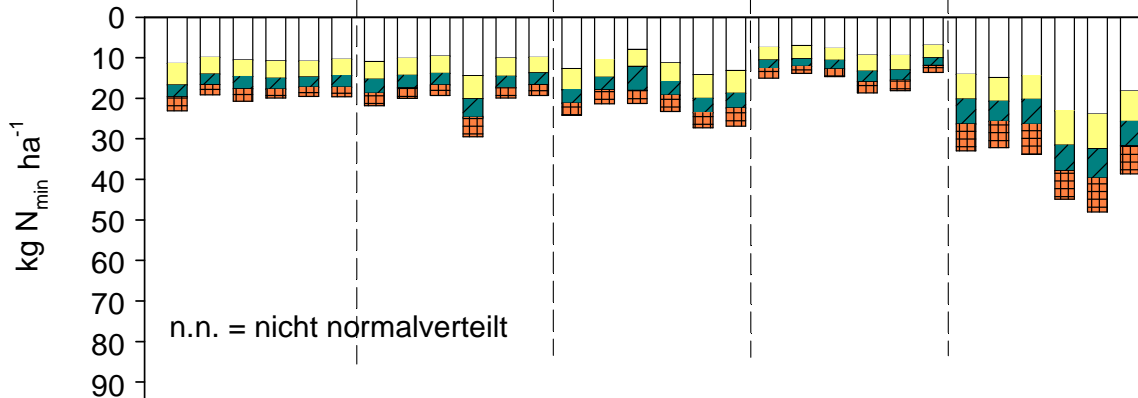


Abb. 18: N_{min}-Menge im Boden aller Prüfglieder am Standort Reinshof im Jahr 2005

Tab. 36: N_{\min} -Mengen im Boden im Herbst und Winter 2003/2004 am Standort Stöckendrebber

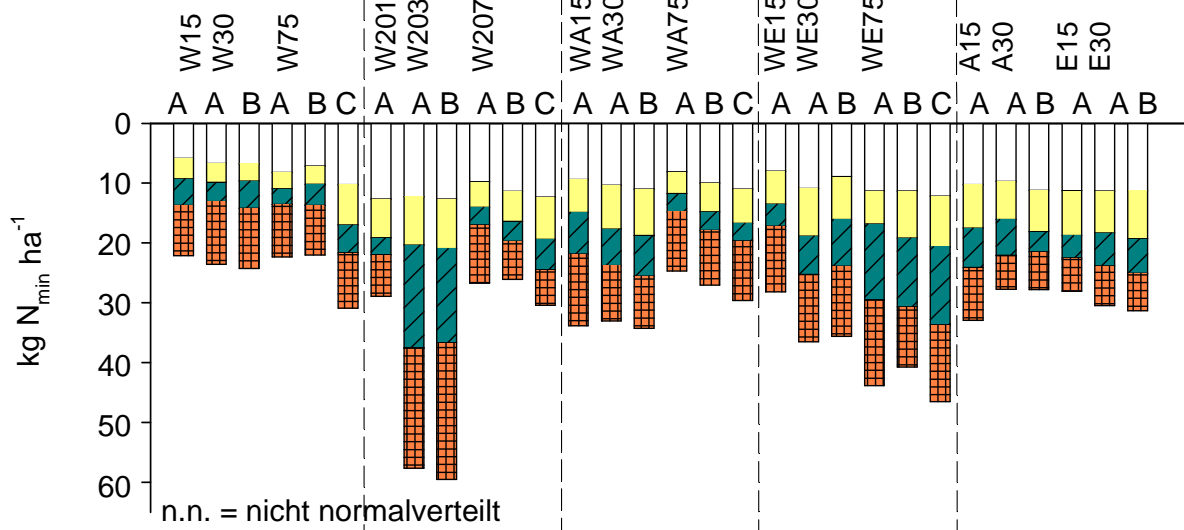
Bodentiefe	23.10.2003	18.12.2003	07.02.2004
0 bis 30 cm	42,1	14,5	6,4
30 bis 60cm	44,7	27,2	9,2
60 bis 90 cm	18,0	48,3	8,3
90 bis 120 cm	6,4	26,1	12,4
Summe 0 bis120 cm	111,2	116,1	36,6

Zum ersten Erntetermin wurde am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 in der Variante $W_{20}30$ sowohl auf der Weizenreihe (Probenahmeort A) in der Summe aller Tiefenstufen mit im Mittel $57,6 \text{ kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$ als auch auf der nicht besetzten Reihe dazwischen (Probenahmeort B) mit im Mittel $59,5 \text{ kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$ ein im Vergleich zu den anderen Weizenreinsaaten deutlich höherer N_{\min} -Vorrat im Boden festgestellt (Abb. 19). Diese Werte lassen sich möglicherweise durch eine weniger starke Auswaschung des bereits im Herbst vorhandenen mineralischen Bodenstickstoffes erklären. Es zeigte sich, dass zum ersten Erntetermin der Weizen in den 100 % Reinsaaten etwas geringere N_{\min} -Vorräte in 0 bis 30 cm Bodentiefe aufwies als alle anderen Anbauformen. Allerdings ist dies am Probenahmeort C (nicht besetzte Reihe) in der Variante $W75$ noch nicht der Fall. Bereits zur Bestockung lassen sich Gradienten in Richtung Reihenzwischenraum sowohl in den Weizen Reinsaaten als auch in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse erkennen. Das heißt, dass an den Probenahmeorten B und insbesondere C auf den unbesetzten Reihen ($W75$, $W_{20}75$) sowie auf den Ackerbohnen- oder Erbsenreihen ($WA75/15$ oder $WE75/15$, Reihen-Streifen-Gemenge) in der Regel höhere N_{\min} -Mengen im Boden festgestellt werden konnten als am Probenahmeort A (Weizenreihe). Zum zweiten Erntetermin (BBCH 65, Blüte des Weizens) hatten alle Weizenreinsaaten mit Ausnahme der Variante $W_{20}30$ den mineralischen Stickstoffvorrat des Bodens stark ausgeschöpft. Insbesondere im Unterboden (60 bis 120 cm) waren im Mittel bei den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten nur $5,4$ bzw. $8,4 \text{ kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$ vorhanden. Im Gemenge mit der Ackerbohne fanden sich zu diesem Zeitpunkt im Unterboden (60 bis 120 cm) noch $9,4 \text{ kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$ und im Gemenge mit der Erbse $18,9 \text{ kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$. Zur Blüte wurde ein deutlicher Gradient im N_{\min} -Vorrat des Bodens in den Reihen-Streifen-Gemengevarianten sichtbar, insbesondere im Gemenge mit der Erbse. Am Probenahmeort A (direkt auf der Weizenreihe) wurden im Unterboden (60 bis 120 cm) im Gemenge mit der Ackerbohne $11,8 \text{ kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$, am Probenahmeort B (Ackerbohnenreihe neben Weizenreihe) $11,8 \text{ kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$ und am Probenahmeort C (zweite Ackerbohnenreihe neben Weizenreihe) $13,0 \text{ kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$ ermittelt. Die entsprechenden Werte im Reihen-Streifen-Gemenge mit der Erbse beliefen sich auf $20,8 \text{ kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$ (Probenahmeort A),

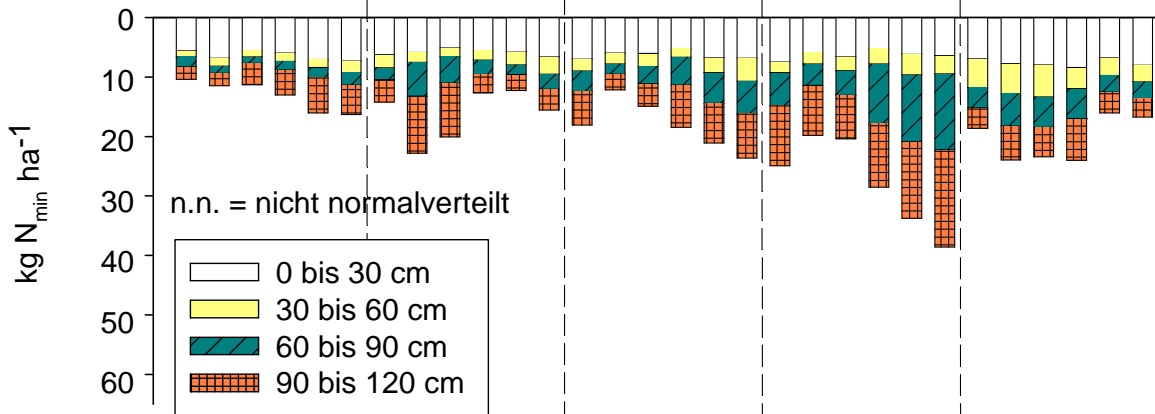
Standort Stöckendrebber 2004

Variante
N_{min}-Probenahme-Ort

BBCH 25



BBCH 65



BBCH 89

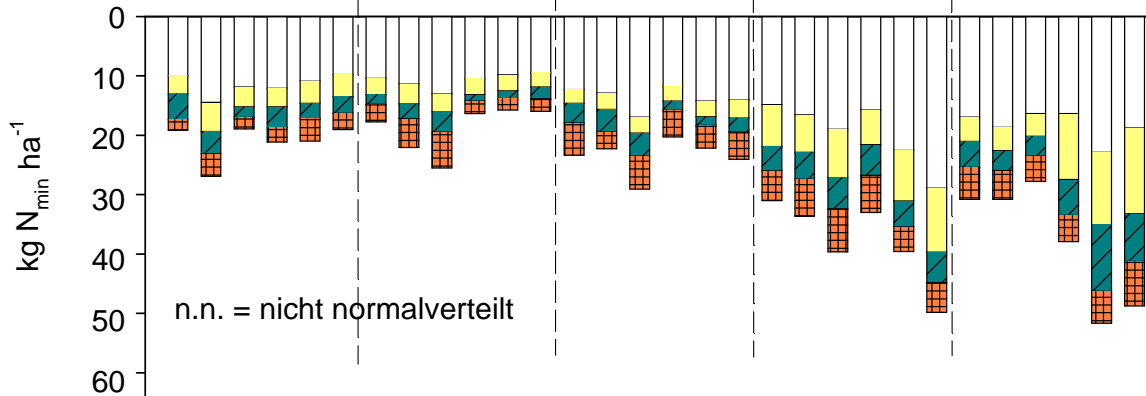


Abb. 19: N_{min}-Menge im Boden aller Prüfglieder am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004

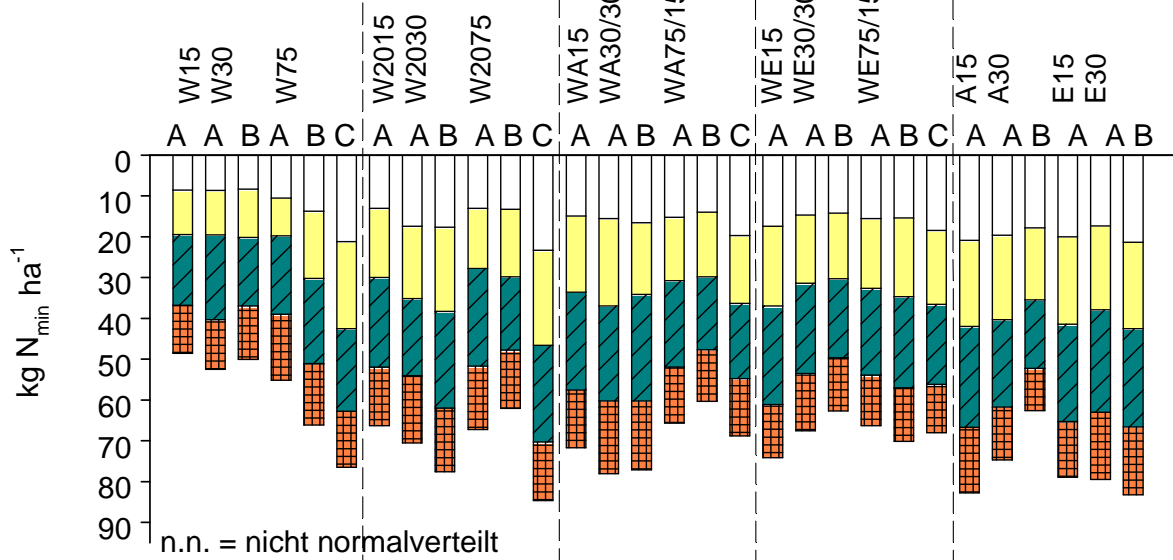
24,1 kg N_{\min} ha⁻¹ (Probenahmeort B) und 29,1 kg N_{\min} ha⁻¹ (Probenahmeort C). Der höhere Vorrat an mineralischem Stickstoff im Reihenzwischenraum unter den Ackerbohnen- oder Erbsenreihen, der insbesondere am Probenahmeort C zu verzeichnen war, stand dem Weizen möglicherweise zu einem späteren Zeitpunkt zwischen Blüte und Reife zur Verfügung. Zum letzten Erntetermin BBCH 89 (Totreife) waren auch in den Gemengen die unteren Bodenschichten (60 bis 90 und 90 bis 120 cm) an N_{\min} entleert. In der oberen Bodenschicht (0 bis 30 cm) traten vermutlich aufgrund von Mineralisationsprozessen insbesondere in den Gemengen mit Erbse und den Erbsenreinsaaten höhere N_{\min} -Vorräte im Boden auf (Abb. 19).

Im Jahr 2005 wurden am Standort Stöckendrebber zum ersten Erntetermin deutlich höhere N_{\min} -Mengen im Boden als im Jahr 2004 mit Vorräten von bis zu 84,7 kg N_{\min} ha⁻¹ gemessen. Der Winter wurde in der Summe bis 120 cm Bodentiefe 117,2 kg N_{\min} ha⁻¹ am 22.12.2004 ermittelt (0 bis 30 cm 76,9 kg N_{\min} ha⁻¹, 30 bis 60 cm 15,7 kg N_{\min} ha⁻¹, 60 bis 90 cm 14,5 kg N_{\min} ha⁻¹ und 90 bis 120 cm 10,0 kg N_{\min} ha⁻¹). Zur ersten Ernte im Jahr 2005 zeigte sich wiederum, dass die 100 % Reinsaaten etwas geringere N_{\min} -Vorräte im Boden mit Ausnahme der Probenahmeorte B und C bei der Variante W75 als alle anderen Anbauformen aufwiesen (Abb. 20). Der bereits beschriebene Gradient im N_{\min} -Vorrat des Bodens war zum Zeitpunkt der Bestockung des Weizens (BBCH 25) in den Varianten W75 und W₂₀75 deutlich zu erkennen, wohingegen dies in den Gemengen WA75/15 und WE75/15 nicht der Fall war. Zur Blüte (BBCH 65) waren in den 100 % Reinsaaten im Mittel 30,3 kg N_{\min} ha⁻¹, in den 20 % Reinsaaten im Mittel 36,8 kg N_{\min} ha⁻¹, in den Gemengen mit Ackerbohne im Mittel 38,0 kg N_{\min} ha⁻¹ und in den Gemengen mit Erbse im Mittel 35,5 kg N_{\min} ha⁻¹ vorhanden (0 bis 120 cm Bodentiefe). Der Gradient im N_{\min} -Vorrat des Bodens von Probenahmeort A über B nach C war nun in allen Varianten mit 75 cm Reihenabstand des Weizens zu erkennen. Im Unterboden (60 bis 120 cm) fanden sich am Probenahmeort C bei den 100 % Reinsaaten (Variante W75) 24,5 kg N_{\min} ha⁻¹, bei den 20 % Reinsaaten 29,5 kg N_{\min} ha⁻¹, bei den Gemengen mit Ackerbohne 24,8 kg N_{\min} ha⁻¹ und bei den Gemengen mit Erbse 29,0 kg N_{\min} ha⁻¹. Die Leguminosenreinsaaten wiesen zu diesem Zeitpunkt höhere N_{\min} -Vorräte im Boden auf (im Mittel der Reihenabstände: 52,1 kg N_{\min} ha⁻¹ bei Ackerbohnenreinsaat und 46,1 kg N_{\min} ha⁻¹ bei Erbsenreinsaat). Zur Ernte bei Reife der Bestände waren die N_{\min} -Vorräte in den Bodentiefen 60 bis 90 und 90 bis 120 cm mit Ausnahme der Leguminosenreinsaaten weitestgehend ausgeschöpft. Es ergaben sich hier statistisch gesicherte Unterschiede in der Summe der N_{\min} -Werte aller Bodentiefen zwischen Leguminosenreinsaaten und Weizenreinsaaten (Abb. 20).

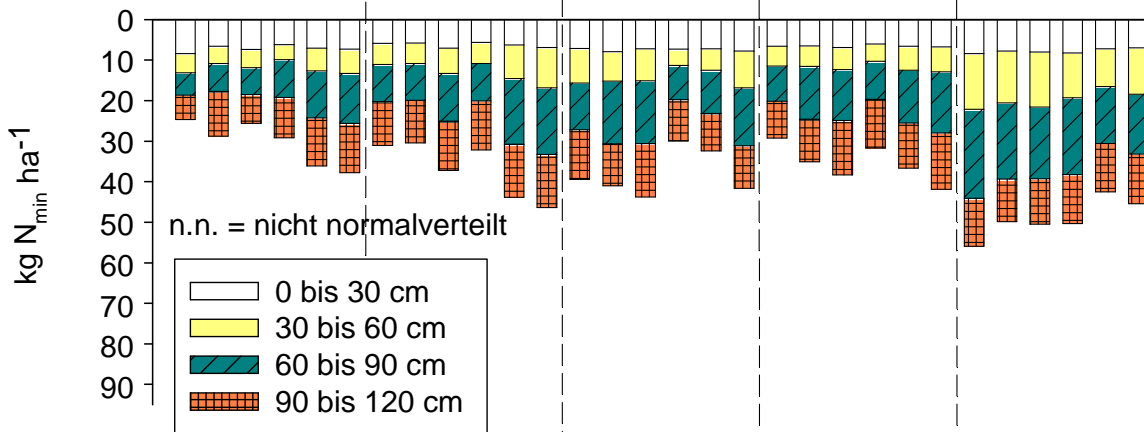
Standort Stöckendrebber 2005

Variante
N_{min}-Probenahme-Ort

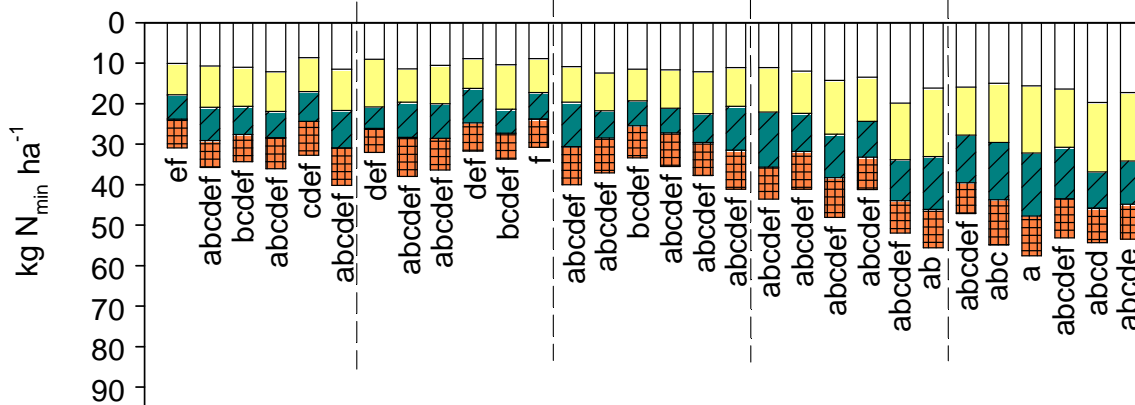
BBCH 25



BBCH 65



BBCH 89



verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, $\alpha = 0,05$

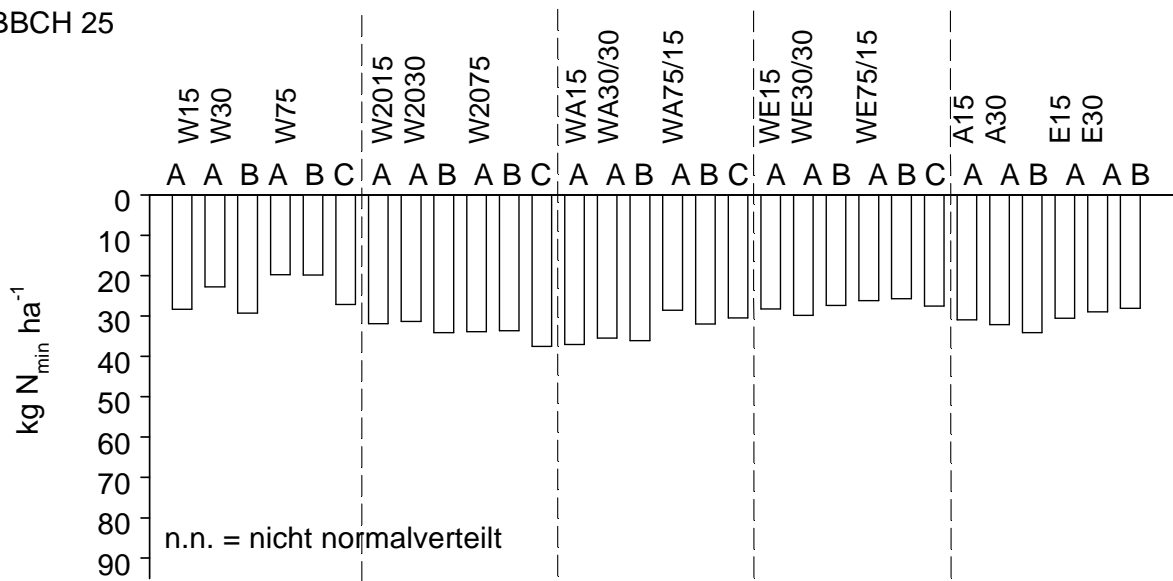
Abb. 20: N_{min}-Menge im Boden aller Prüfglieder am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005

Am Standort Deppoldshausen konnte aufgrund der Flachgründigkeit des Muschelkalkverwitterungsbodens nur die oberste Bodenschicht (0 bis 30 cm) beprobt werden. Im ersten Versuchsjahr wurde ein N_{\min} -Startwert von 29,2 kg am 09.03.2004 in 0 bis 30 cm am gemessen. Zur ersten Ernte wurden im Mittel bei den 100 % Reinsaaten 24,5 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$, bei den 20 % Reinsaaten im Mittel 33,7 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$, bei den Gemengen mit Ackerbohne im Mittel 33,3 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$, bei den Gemengen mit Erbse im Mittel 27,5 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$ und bei den Leguminosenreinsaaten im Mittel 30,8 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$ bestimmt. Tendenziell ließ sich auch am Standort Deppoldshausen zur ersten Ernte ein geringer Gradient an N_{\min} im Boden in den Weizenreinsaatvarianten W_{75} und W_{20} erkennen (Abb. 21). Zur Blüte waren zwischen den Varianten keine Unterschiede im N_{\min} -Vorrat des Bodens vorhanden. So wurden im Mittel bei den 100 % Reinsaaten 9,6 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$, bei den 20 % Reinsaaten im Mittel 10,9 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$, bei den Gemengen mit Ackerbohne im Mittel 12,1 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$, bei den Gemengen mit Erbse 13,0 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$ und bei den Leguminosenreinsaaten im Mittel 14,0 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$ ermittelt. Zur Kornreife (BBCH 89) lagen die Werte der Weizenreinsaaten geringfügig unter den anderen Anbauformen. Im Mittel wurden bei den 100 % Reinsaaten 15,4 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$, bei den 20 % Reinsaaten im Mittel 16,6 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$, bei den Gemengen mit Ackerbohne im Mittel 21,7 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$, bei den Gemengen mit Erbse 24,3 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$ und bei den Leguminosenreinsaaten im Mittel 30,1 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$ in 0 bis 30 cm Tiefe festgestellt (Abb. 21). Im zweiten Versuchsjahr wurde am Standort Deppoldshausen ein N_{\min} -Vorrat im Boden zu Versuchsbeginn am 03.11.2004 in Höhe von 29,4 kg in 0 bis 30 cm gemessen. Zur ersten Ernte (BBCH 25) wurden im Mittel bei den 100 % Reinsaaten 14,2 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$, bei den 20 % Reinsaaten im Mittel 24,4 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$, bei den Gemengen mit Ackerbohne im Mittel 17,8 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$, bei den Gemengen mit Erbse 18,5 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$ und bei den Leguminosenreinsaaten im Mittel 23,4 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$ bestimmt. Tendenziell ließ sich auch in Deppoldshausen zur ersten Ernte ein geringer Gradient an N_{\min} -Menge im Boden in den Weizenreinsaatvarianten W_{75} und W_{20} sowie in den Reihen-Streifen-Gemengen $WA_{75}/15$ und $WE_{75}/15$ erkennen. Zur Blüte wurden im Mittel bei den 100 % Reinsaaten 12,4 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$, bei den 20 % Reinsaaten mit im Mittel 13,6 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$, bei den Gemengen mit Ackerbohne mit im Mittel 13,9 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$, bei den Gemengen mit Erbse mit 12,0 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$ und bei den Leguminosenreinsaaten mit im Mittel 14,6 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$ keine Unterschiede im N_{\min} -Vorrat des Bodens ermittelt. Zur Druschreife der Bestände (BBCH 89) wurden im Mittel bei den 100 % Reinsaaten 17,2 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$, bei den 20 % Reinsaaten im Mittel 15,8 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$, bei den Gemengen mit Ackerbohne im Mittel 15,4 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$, bei den Gemengen mit Erbse 12,5 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$ und bei den Leguminosenreinsaaten im Mittel 14,3 kg $N_{\min} \text{ ha}^{-1}$ in 0 bis 30 cm Bodentiefe festgestellt (Abb. 22).

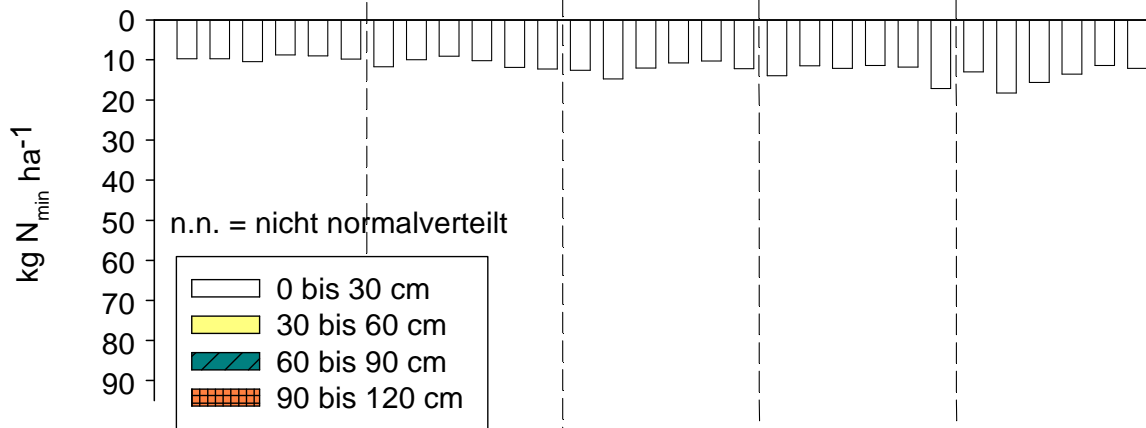
Standort Deppoldshausen 2004

Variante
N_{min}-Probenahme-Ort

BBCH 25



BBCH 65



BBCH 89

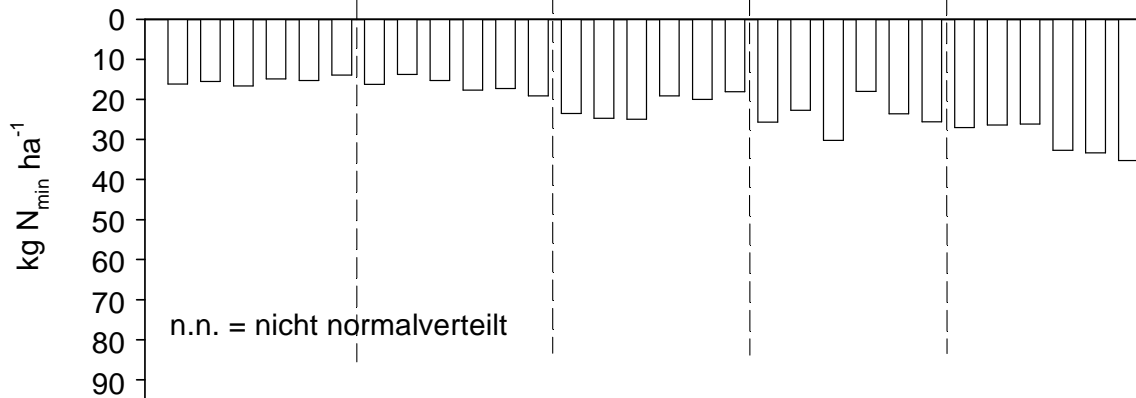


Abb. 21: N_{min} Menge im Boden aller Prüfglieder am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004; aufgrund der am Standort Deppoldshausen vorhandenen Flachgründigkeit des Bodens konnte nur bis in eine Tiefe von 30 cm beprobt werden

Standort Deppoldshausen 2005

Variante
N_{min}-Probenahme-Ort

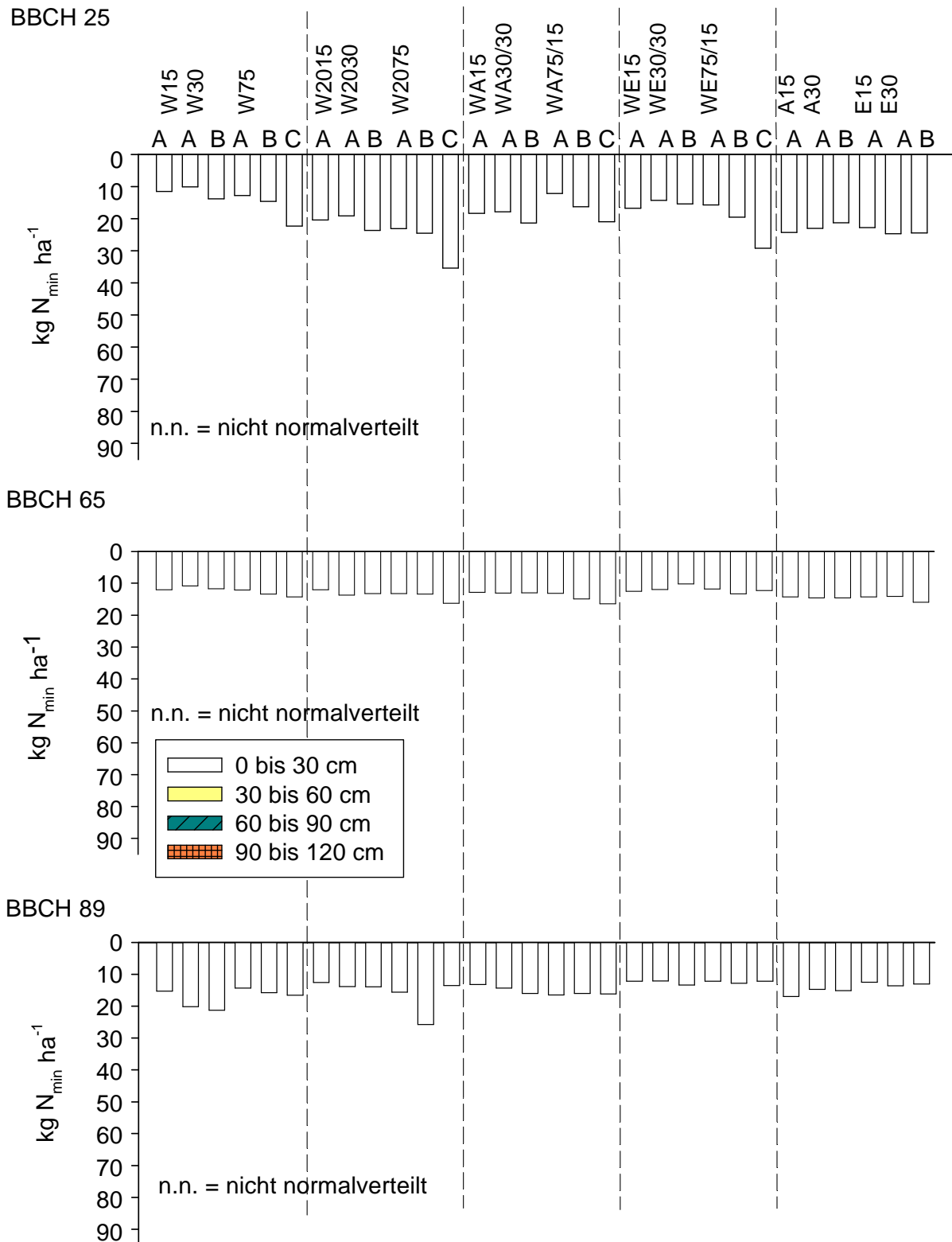


Abb. 22: N_{min} Menge im Boden aller Prüfglieder am Standort Deppoldshausen im Jahr 2005; aufgrund der am Standort Deppoldshausen vorhandenen Flachgründigkeit des Bodens konnte nur bis in eine Tiefe von 30 cm beprobt werden

3.6 Stickstoff-Erträge Gemenge Hauptversuch

N-Erträge und symbiotische N₂-Fixierleistung

Zur ersten Beerntung wurden am Standort Reinshof im Jahr 2004 im Mittel über die Reihenweiten 11,5 und 4,1, kg N ha⁻¹ im Spross des Weizens in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten sowie 1,9 und 2,0 kg N ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse ermittelt. Im Mittel über die Anbauformen wurden 5,6, 5,4 und 3,7 kg N ha⁻¹ im Spross des Weizens bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand bestimmt (Abb. 23, Tab. A LI). Die Körnerleguminosen hatten zu diesem Zeitpunkt im Mittel 2,3 und 2,7 kg N ha⁻¹ bodenbürtiger Stickstoff im Sprossertrag der Ackerbohnen und der Erbsen aufgenommen. Die Reinsaaten der Leguminosen unterschieden sich nicht signifikant von den jeweiligen Gemengen in der Höhe des bodenbürtigen N-Menge im Spross zur ersten Beerntung BBCH 25 des Weizens (Abb. 23, Tab. A LVI). Die Leguminosen hatten zum ersten Erntetermin tendenziell in den Reinsaaten mit im Mittel 1,1 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne) und 2,7 kg N ha⁻¹ (Erbse) höhere luftbürtige N-Mengen im Spross akkumuliert als in den Gemengen mit im Mittel 0,4 und 1,9 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne und Erbse, Abb. 21, Tab. A LVII). In der Summe des Weizens und der Leguminosen konnten im Mittel 5,8, 3,8 und 4,1 kg N ha⁻¹ in den Ackerbohnergemengen (WA15, WA30/30 und WA75/15) und 6,1, 4,4 und 3,6 kg N ha⁻¹ in den Erbsengemengen (WE15, WE30/30 und WE75/15) an N-Menge im Spross der Pflanzen im Gemenge aus dem Boden ermittelt werden. Die Variante WE15 wies dabei einen signifikant höheren bodenbürtigen Spross-N-Ertrag in der Summe der Gemengepartner auf als die anderen beiden Gemengevarianten (Abb. 23, Tab. A LVIII). Zur ersten Ernte am Standort Reinshof im Jahr 2004 lag der RYT der bodenbürtigen Spross-N-Erträge lag mit im Mittel 1,6, 1,5 und 1,9 bei den Ackerbohnergemengen sowie mit im Mittel 1,3, 1,2 und 1,2 bei den Erbsengemengen jeweils der Mischsaat, alternierender Reihen und Reihenstreifen-Gemenge deutlich über 1 (Tab. A LIX).

Zur zweiten Beerntung wurden am Standort Reinshof im Jahr 2004 mit im Mittel über die Reihenweiten bei den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten mit 78,0 und 81,2 kg N ha⁻¹ signifikant höhere N-Mengen im Spross des Weizens festgestellt als bei den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse, in denen der Weizen mit im Mittel 47,9 und 47,5 kg N ha⁻¹ aufgenommen und im Spross eingelagert hatte. Im Mittel über die Anbauformen befanden sich im Weizenspross 69,6, 63,3 und 58,0 kg N ha⁻¹ bei einem Anbau mit 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand. Signifikante Unterschiede waren hier zwischen der Spross-N-Menge des Weizens bei 15 cm im Vergleich zu 75 cm Reihenweite vorhanden. Es traten

signifikante Wechselwirkungen zwischen Anbauform und Reihenweite auf, da bei den 100 % Weizenreinsaaten bei 75 cm Reihenweite mit im Mittel $91,7 \text{ kg N ha}^{-1}$, bei den 20 % Weizenreinsaaten bei 30 cm Reihenweite mit im Mittel $82,2 \text{ kg N ha}^{-1}$ und bei den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse bei 15 cm Reihenweite mit im Mittel $69,3$ und $60,4 \text{ kg N ha}^{-1}$ die höchsten Spross-N-Erträge des Weizens gemessen wurden (Abb. 23, Tab. A LXI). Im Mittel über die Reihenweite nahmen die Leguminosenreinsaaten mit $53,2 \text{ kg N ha}^{-1}$ (Ackerbohne) und $46,2 \text{ kg N ha}^{-1}$ (Erbse) tendenziell höhere bodenbürtige N-Mengen auf als im Mittel der Gemenge mit $17,6$ und $15,8 \text{ kg N ha}^{-1}$ (Ackerbohne und Erbse). Dabei unterschied sich die Variante E15 von allen Gemengevarianten und die Variante E30 von der Gemengevariante WE15 signifikant (Abb. 23, Tab. A LXVI). Die Summe des bodenbürtigen N-Ertrages im Spross beider Arten im Gemenge war zu diesem Erntetermin mit im Mittel $76,0$, $68,2$ und $52,4 \text{ kg N ha}^{-1}$ bei den Ackerbohngemengen WA15, WA30/30 und WA75/15 sowie $64,2$, $56,6$ und $48,5 \text{ kg N ha}^{-1}$ bei den Erbsengemengen WE15, WE30/30 und WE75/15 nicht signifikant verschieden zwischen den Gemengen einer Art (Abb. 23, Tab. A LXVIII). Der RYT der bodenbürtigen N-Menge im Spross erreichte Werte zwischen $0,8$ und $1,2$ und unterschied sich nicht signifikant innerhalb der Ackerbohnen- und Erbsengemenge (Tab. A LXIX). Die luftbürtige N-Menge im Spross der Leguminosen betrug am Standort Reinshof im Jahr 2004 zur zweiten Ernte zwischen $57,4$ und $92,4 \text{ kg N ha}^{-1}$ bei der Ackerbohne und zwischen $42,7$ und $84,6 \text{ kg N ha}^{-1}$ bei der Erbse. Der höchste Wert wurde jeweils in der Reinsaat, der niedrigste jeweils in einer Gemengevariante festgestellt (Abb. 23, Tab. A LXVII).

Zur dritten Beerntung wurden am Standort Reinshof im Jahr 2004 im Mittel über die Reihenweiten mit $62,2$ und $74,4 \text{ kg N ha}^{-1}$ in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten sowie $31,5$ und $46,0 \text{ kg N ha}^{-1}$ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse signifikante Unterschiede zwischen dem Korn-N-Ertrag aller Anbauformen festgestellt. Im Mittel über die Anbauformen wurden mit $58,6$, $54,7$ und $47,3 \text{ kg N ha}^{-1}$ bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand signifikante Unterschiede zwischen dem Korn-N-Ertrag des Weizens der 15 cm und 75 cm Reihenweiten festgestellt. Überdies traten auch beim Korn-N-Ertrag des Weizens Wechselwirkungen zwischen der Anbauform und der Reihenweite auf. Bei den Reinsaaten wurde von 15 cm über 30 cm zu 75 cm Reihenabstand ein Anstieg des Korn-N-Ertrages des Weizens beobachtet. Bei den Gemengen trat genau der umgekehrte Fall ein, indem die höchsten Korn-N-Erträge des Weizens bei 15 cm in den Mischsaaten und die niedrigsten Korn-N-Erträge des Weizens bei 75 cm in den Reihen-Streifen-Gemengen auftraten (Abb. 23, Tab. A LXXI). Die bodenbürtige N-Menge im Korn der Le-

guminosen lag im Mittel der Reinsaaten mit 92,6 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne) und 36,6 kg N ha⁻¹ (Erbse) signifikant über den Werten der Gemenge mit 44,9 und 9,0 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne und Erbse, Abb. 23, Tab. A LXXVI). Die Summe des bodenbürtigen Stickstoffs im Korn beider Arten im Gemenge lag bei der Ackerbohne mit 76,8 kg N ha⁻¹ (Mischsaat), 76,4 kg N ha⁻¹ (alternierende Reihe) und 75,9 kg N ha⁻¹ (Reihen-Streifen-Gemenge) annähernd gleich hoch. Bei der Erbse unterschied sich die Variante WE75/15 mit 44,8 kg N ha⁻¹ (Summe bodenbürtiger Stickstoff im Korn der Gemengepartner) von den anderen beiden Gemengevarianten WE15 und WE30/30 mit im Mittel 59,7 und 60,7 kg N ha⁻¹ (Abb. 23, Tab. A LXXVIII). Der RYT der bodenbürtigen N-Menge im Korn betrug zwischen 0,9 bis 1,1 (Tab. A LXXIX). Die Höhe des symbiotisch fixierten Stickstoffs im Korn lag in den Leguminosenreinsaaten mit im Mittel mit 214,0 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne) und 36,1 kg N ha⁻¹ (Erbse) tendenziell über dem Mittel der Gemenge mit 171,2 und 29,8 kg N ha⁻¹ (Abb. 23, Tab. A LXXVII).

Der Stroh-N-Ertrag des Weizens belief sich am Standort Reinshof im Jahr 2004 im Mittel über die Reihenweiten bei 14,6 und 16, 5, kg N ha⁻¹ in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten sowie 12,0 und 11,6 kg N ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne oder Erbse. Es waren keine signifikanten zwischen den Anbauformen Unterschiede zu verzeichnen. Im Mittel über die Anbauformen erzielte der Weizen 13,6, 14,8 und 12,6 kg N ha⁻¹ im Stroh bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenweite (nicht signifikant verschieden, Abb. 23, Tab. A LXXXI). Die bodenbürtige N-Menge im Stroh der Leguminosen lag in den Gemengen mit im Mittel 2,0 und 1,2 kg N ha⁻¹ nur bei sehr geringen Werten, die sich in der Regel signifikant von den Reinsaaten mit im Mittel 18,2 und 30,5 kg N ha⁻¹ im Stroh unterschieden (Ackerbohne und Erbse, Abb. 23, Tab. A LXXXVI). Die bodenbürtigen N-Erträge im Stroh in der Summe der Gemengepartner unterschieden sich im Mittel der Ackerbohngemenge mit 15,3, 14,4 und 10,4 kg N ha⁻¹ (WA15, WA30/30 und WA75/15) sowie im Mittel der Erbsengemenge mit 14,3, 12,3 und 11,9 kg N ha⁻¹ (WE15, WE30/30 und WE75/15) nicht signifikant voneinander (Abb. 23, Tab. LXXXVIII). Der RYT der bodenbürtigen N-Erträge im Stroh am Standort Reinshof belief sich im Jahr 2004 auf 1,5, 1,1 und 1,1 bei den Ackerbohngemengen und auf 1,2, 1,0 und 0,7 bei den Erbsengemengen jeweils für die Mischsaat, alternierende Reihen und Reihen-Streifen-Gemenge (nicht signifikant, Tab. A LXXXIX). Tendenzuell höhere luftbürtige N-Mengen im Stroh wurden im Mittel Reinsaaten mit 88,8 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne) und 24,4 kg N ha⁻¹ (Erbse) im Vergleich zum N-Ertrag im Stroh aus der symbiotischen N₂-Fixierung der Ackerbohne und Erbse im Gemenge mit im Mittel 66,9 und 19,9 kg N ha⁻¹ festgestellt (Abb. 23, Tab. A LXXXVII). Die höchsten Ge-

samt-N-Erträge aus der Summe von boden- und luftbürtigen Stickstoff sowie Korn und Stroh erzielten die Ackerbohnenreinsaaten mit im Mittel 468,1 kg N ha⁻¹ sowie die Ackerbohnenmischung in der Summe beider Arten mit im Mittel 328,2 kg N ha⁻¹ (Abb. 23). Der N-Transfer symbiotisch fixierten Stickstoffs von den Körnerleguminosen zum Weizen war insgesamt sehr gering und wird in einem späteren Kapitel dargestellt.

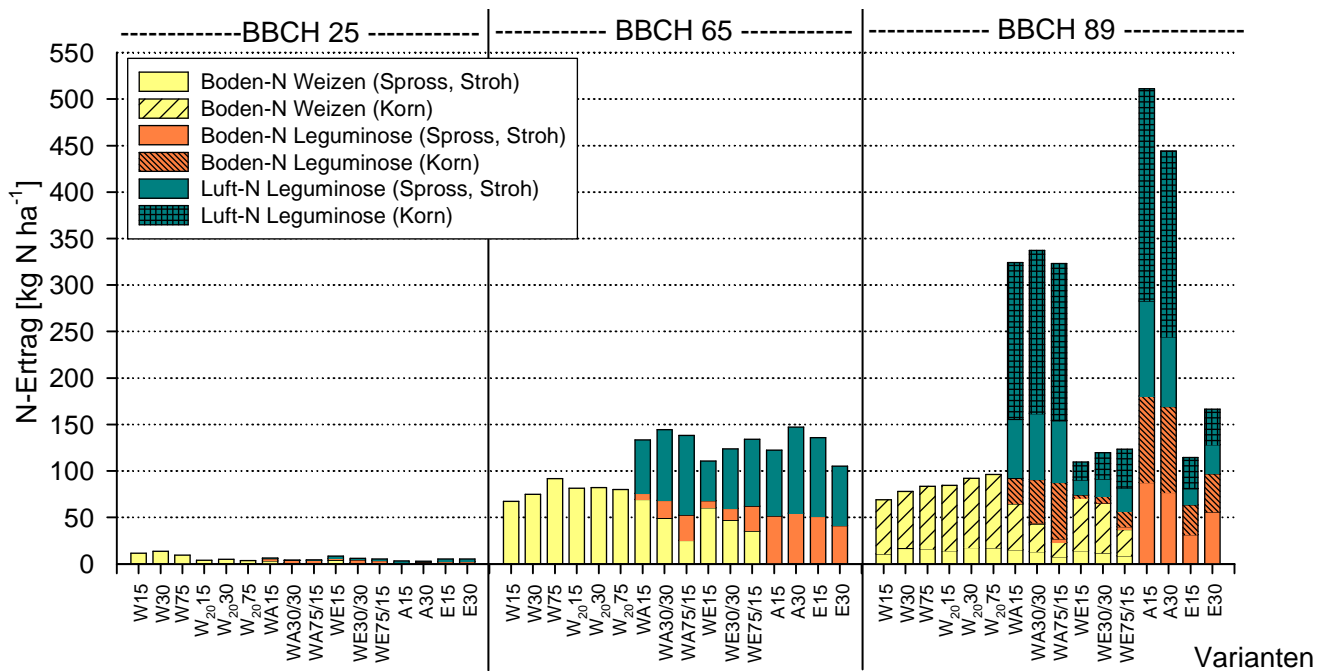


Abb. 23: Stickstoff-Ertrag aller Prüfglieder zu den drei Ernteterminen am Standort Reinschhof im Jahr 2004

Zur ersten Beerntung wurden am Standort Reinschhof im Jahr 2005 im Mittel über die Reihenweiten ein Spross-N-Ertrag des Weizens in Höhe von 17,8 und 6,9 kg N ha⁻¹ in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten sowie 7,1 und 8,2 kg N ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse ermittelt. Im Mittel über die Anbauformen wurden 10,3, 10,8 und 8,9 kg N ha⁻¹ im Spross des Weizens bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand bestimmt (Abb. 24, Tab. A LIV). Bei den Leguminosen wurden zu diesem Zeitpunkt im Mittel 2,2 und 2,4 kg N ha⁻¹ bodenbürtiger Stickstoff im Spross der Ackerbohnen und der Erbsen nachgewiesen. Zur ersten Beerntung unterschieden sich die Reinsaaten der Ackerbohne nicht signifikant von den Ackerbohnenmischungen in der Höhe der bodenbürtigen N-Menge im Spross, während bei der Erbse die Reinsaatvariante E15 mit im Mittel 2,9 kg N ha⁻¹ signifikant höhere N-Mengen im Spross aus bodenbürtiger Aufnahme aufwies als die Gemengevarianten WE15 und WE30/30 mit im Mittel 2,2 und 2,0 kg N ha⁻¹ (Abb. 24, Tab. A LVI). In der Summe der bodenbürtigen N-Menge beider Gemengepartner konnten im Mittel 9,1, 8,5 und 9,6 kg N ha⁻¹ in den Ackerbohnenmischungen (WA15, WA30/30 und

WA75/15) und 9,8, 10,1 und 11,1 kg N ha⁻¹ in den Erbsengemengen (WE15, WE30/30 und WE75/15) nachgewiesen werden (nicht signifikant verschieden, Abb. 24, Tab A LVIII). Der RYT der bodenbürtigen N-Menge im Spross lag mit im Mittel 1,1, 0,9 und 1,5 bei den Ackerbohngemengen sowie mit im Mittel 1,2, 1,2 und 1,5 bei den Erbsengemengen jeweils für die Mischsaat, alternierende Reihen und Reihen-Streifen-Gemenge am Standort Reinshof im Jahr 2005 zur ersten Ernte mit Ausnahme der Variante WA30/30, welche sich von den anderen beiden Ackerbohngemengevarianten signifikant unterschied, deutlich über 1 (Tab. A LIX). Die Leguminosen hatten zum ersten Erntetermin am Standort Reinshof im Jahr 2005 tendenziell in den Reinsaaten mit im Mittel 5,1 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne) und 5,6 kg N ha⁻¹ (Erbse) höhere luftbürtige N-Mengen im Spross eingelagert als in den Gemengen mit im Mittel 4,0 und 5,3 kg N ha⁻¹ (nicht signifikant verschieden, Abb. 24, Tab. A LVII).

Zur zweiten Beerntung wurden am Standort Reinshof im Jahr 2005 im Mittel über die Reihenweiten Spross-N-Erträge des Weizens in Höhe von 53,1 und 55,3 kg N ha⁻¹ in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten sowie 40,8 und 53,8 kg N ha⁻¹ in den Gemenge mit Ackerbohne und Erbse festgestellt. Im Mittel über die Anbauformen wurden 51,5, 46,4 und 54,3 kg N ha⁻¹ im Spross des Weizens bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenweite ermittelt (Abb. 24, Tab. A LXIV). Im Mittel erzielten die Leguminosenreinsaaten mit 25,7 und 23,4 kg N ha⁻¹ signifikant (Ackerbohne) bzw. tendenziell (Erbse) höhere N-Erträge im Spross aus bodenbürtiger Aufnahme als im Mittel der Gemenge mit 7,0 und 1,4 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne und Erbse, Abb. 24, Tab. A LXVI). Die Summe N-Ertrages im Spross beider Gemengepartner aus bodenbürtiger Aufnahme war zum zweiten Erntetermin mit im Mittel 46,6, 51,9 und 45,0 kg N ha⁻¹ in den Ackerbohngemengen WA15, WA30/30 und WA75/15 sowie 61,9, 44,1 und 59,7 kg N ha⁻¹ in den Erbsengemengen WE15, WE30/30 und WE75/15 nicht signifikant verschieden zwischen den Gemengen einer Art (Abb. 24, Tab. A LXVIII). Der RYT des Spross-N-Ertrages aus bodenbürtiger Aufnahme erreichte Werte zwischen 0,9 und 1,3 und unterschied sich nicht signifikant innerhalb der Ackerbohnen- und Erbsengemenge (Tab. A LXIX). Die symbiotisch fixierte N-Menge der Leguminosen lag am Standort Reinshof im Jahr 2005 zur zweiten Ernte zwischen 99,8 und 159,7 kg N ha⁻¹ bei der Ackerbohne und zwischen 31,4 und 71,9 kg N ha⁻¹ bei der Erbse. Der höchste Wert wurde sowohl bei der Ackerbohne als auch bei der Erbse jeweils in einer Reinsaat, der niedrigste in einer Gemengevariante festgestellt (Abb. 24, Tab. A LXVII).

Zur dritten Beerntung wurde am Standort Reinshof im Jahre 2005 ein Korn-N-Ertrag des Weizens im Mittel über die Reihenweiten 43,7 und 49,4 kg N ha⁻¹ in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten sowie 22,3 und 45,3 kg N ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse bestimmt. Im Mittel über die Anbauformen wurden 38,5, 38,4 und 43,6 kg N ha⁻¹ an Korn-N-Ertrag des Weizens bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand festgestellt (Abb. 24, Tab. A LXXIV). Die bodenbürtige N-Menge im Korn der Leguminosen lag im Mittel der Reinsaaten mit 45,1 und 5,5 kg N ha⁻¹ tendenziell über den Werten des Mittels der Gemenge mit 10,8 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne) und 0,8 kg N ha⁻¹ (Erbse, Abb. 24, Tab. A LXXVI). In der Summe des bodenbürtigen N-Ertrages im Korn beider Arten im Gemenge lagen in den Gemengen mit der Ackerbohne mit 34,4, 33,6 und 31,2 kg N ha⁻¹ annähernd gleich hohe Werte vor. Bei der Erbse unterschied sich die Variante WE75/15 mit 54,3 kg N ha⁻¹ in der Summe des bodenbürtigen N-Ertrages im Korngut des Gemenges von den Gemengevarianten WE15 und WE30/30 mit im Mittel 42,4 und 41,5 kg N ha⁻¹ (Abb. 24, Tab. A LXXVIII). Der RYT der N-Erträge im Korn aus bodenbürtiger Aufnahme lag zwischen 0,6 und 1,5 (Tab. A LXXIX). Die Höhe des symbiotisch fixierten Stickstoffs im Korn der Leguminosen lag in den Leguminosenreinsaaten im Mittel bei 162,3 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne) und 8,6 kg N ha⁻¹ (Erbse) und im Mittel der Gemenge bei 154,1 und 13,8 kg N ha⁻¹. Der luftbürtige N-Ertrag im Korn der Ackerbohnenreinsaat A15 war hierbei mit im Mittel 184,4 kg N ha⁻¹ signifikant größer als in der Ackerbohnenreinsaat A30 und im Gemenge WA75/15, die im Mittel 140,2 und 142,5 kg N aufwiesen (Abb. 24, Tab. A LXXVII).

Der Stroh-N-Ertrag des Weizens betrug am Standort Reinshof im Jahr 2005 im Mittel über die Reihenweiten 14,6, und 18,0 kg N ha⁻¹ in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten sowie 14,7 bzw. 14,9 kg N ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne bzw. Erbse. Im Mittel über die Anbauformen akkumulierte der Weizen 15,4, 15,0 und 16,2 kg N ha⁻¹ im Stroh bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenweite (Abb. 24, Tab. A LXXXIV). Der N-Ertrag im Stroh aus bodenbürtiger Aufnahme der Leguminosen betrug in den Gemengen im Mittel weniger als 0,1 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne) bzw. 0,4 kg N ha⁻¹ (Erbse), die sich tendenziell von den Reinsaaten mit im Mittel 3,8 und 7,3 kg N ha⁻¹ im Stroh unterschieden (Abb. 24, Tab. A LXXXVI). Die bodenbürtigen N-Mengen im Stroh in der Summe der Gemenge unterschieden sich im Mittel der Ackerbohnenmenge mit 12,6, 17,1 und 14,7 kg N ha⁻¹ (WA15, WA30/30 und WA75/15) nicht signifikant voneinander. Bei dem Erbsengemengen waren mit 13,5 und 13,6 kg N ha⁻¹ (WE15 und WE30/30) signifikant geringere N-Mengen im Stroh aus bodenbürtiger N-Aufnahme zu verzeichnen als in der Variante WE75/15 mit 18,7 kg N ha⁻¹ (Abb. 24, Tab. LXXXVIII). Der RYT der N-Erträge im Stroh aus bodenbürti-

ger Quelle belief sich am Standort Reinshof im Jahr 2005 auf 0,8, 1,3 und 1,1 bei den Ackerbohngemengen und auf 0,9, 1,0 und 1,3 bei den Erbsengemengen jeweils für die Mischsaat, alternierende Reihen und Reihen-Streifen-Gemenge (nicht signifikant verschieden zwischen den Gemengen einer Art, Tab. A LXXXIX). Tendenziell (Ackerbohne) bzw. signifikant (Erbse) höhere luftbürtige N-Mengen im Stroh wurden im Mittel der Ackerbohnen- bzw. Erbsenreinsaaten mit 93,2 und 22,2 kg N ha⁻¹ im Vergleich zu den Ackerbohnen- und Erbsengemengen mit im Mittel 70,6 und 9,3 kg N ha⁻¹ festgestellt (Abb. 24, Tab. A LXXXVII). Die höchsten Gesamt-N-Erträge in der Summe aus boden- und luftbürtigen Stickstoff sowie Korn und Stroh erzielten die Ackerbohnenreinsaaten mit im Mittel 304,3 kg N ha⁻¹ sowie die Ackerbohngemenge in der Summe beider Arten mit im Mittel 272,4 kg N ha⁻¹ (Abb. 24).

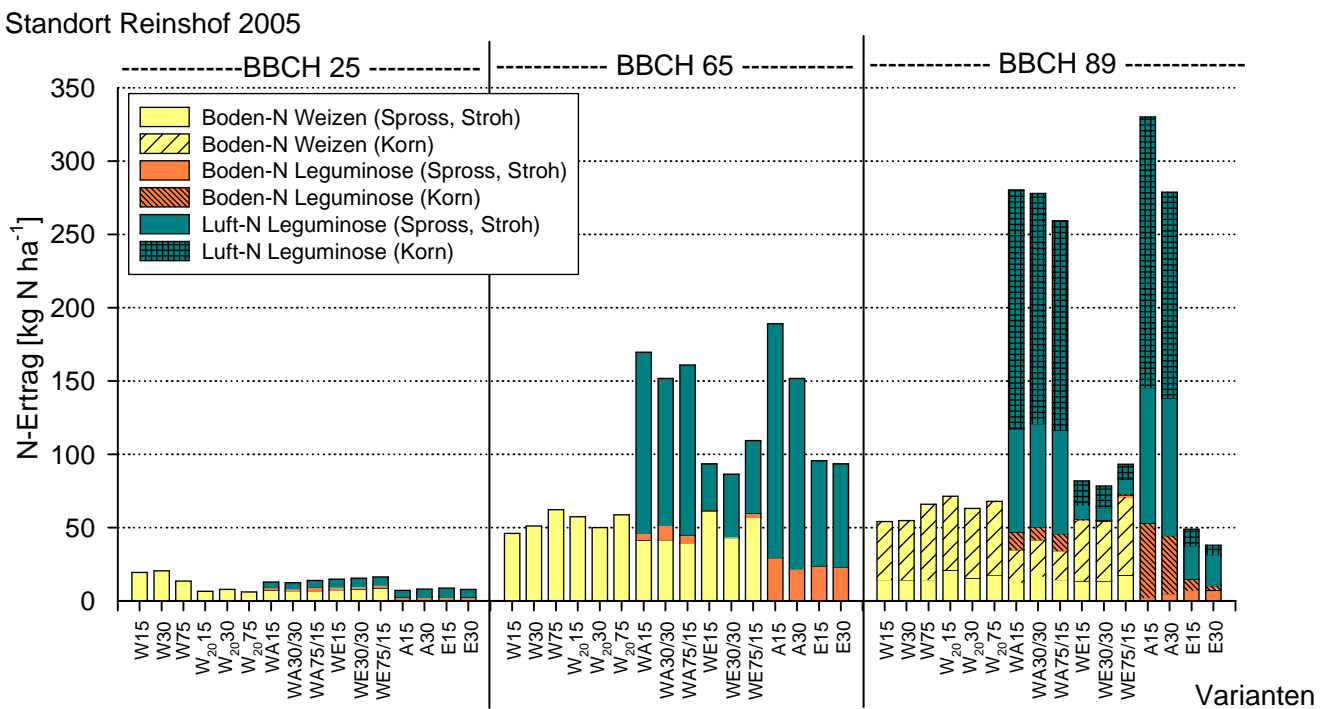


Abb. 24: Stickstoff-Ertrag aller Prüfglieder zu den drei Ernteterminen am Standort Reinshof im Jahr 2005

Zur Termin der ersten Beerntung (BBCH 25 des Weizens) wurden am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 im Mittel über die Reihenweiten 7,8 und 2,7, kg N ha⁻¹ im Spross des Weizens in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten sowie 2,3 und 2,3 kg N ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse ermittelt. Im Mittel über die Anbauformen wurde eine N-Menge im Weizenspross von 4,3, 3,7 und 3,2 kg N ha⁻¹ bei Anbau in 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand bestimmt (Abb. 25, Tab. A L). Die Ackerbohne hatte zu diesem Zeitpunkt im Mittel 2,4 kg N ha⁻¹ und die Erbse 2,5 kg N ha⁻¹ bodenbürtigen

Stickstoff im Spross akkumuliert. Die Reinsaaten der Erbse unterschieden sich nicht signifikant von den Erbsengemengen in der Höhe der bodenbürtigen N-Aufnahme zur ersten Beerntung, während sich bei der Ackerbohne in der Reinsaatvariante E30 mit im Mittel 2,9 kg N ha⁻¹ signifikant mehr bodenbürtiger Stickstoff im Spross der Ackerbohne befand als in der Gemengevariante WA30/30 mit im Mittel 1,9 kg N ha⁻¹ (Abb. 25, Tab. A LVI). In der Summe der bodenbürtigen N-Menge im Spross des Weizens und der Leguminosen konnten im Mittel 5,6, 3,9 und 4,2 kg N ha⁻¹ in den Ackerbohnergemengen (WA15, WA30/30 und WA75/15) und 5,4, 3,9 und 4,1 kg N ha⁻¹ in den Erbsengemengen (WE15, WE30/30 und WE75/15) gefunden werden. Die Variante WA15 unterschied sich hierin signifikant von den anderen beiden Ackerbohnergemengen (Abb. 25, Tab A LVIII). Der RYT der bodenbürtigen N-Menge im Spross lag mit im Mittel 1,4, 0,9 und 1,3 in den Ackerbohnergemengen sowie mit im Mittel 1,5, 0,9 und 1,2 in den Erbsengemengen jeweils für die Mischsaat, alternierende Reihen und Reihen-Streifen-Gemenge (Tab. A LIX). Die Leguminosen enthielten zum ersten Erntetermin am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 tendenziell in den Reinsaaten mit im Mittel 1,0 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne) und 2,6 (Erbse) kg N ha⁻¹ höhere Mengen symbiotisch fixierten Stickstoffs als in den Gemengen mit im Mittel 0,5 und 1,5 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne und Erbse, Abb. 25, Tab. A LVII).

Zum zweiten Termin der Beerntung in der Blüte des Weizens (BBCH 65) wurden am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 im Mittel über die Reihenweiten 33,9 und 30,0 kg N ha⁻¹ im Spross des Weizens in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten sowie 21,8 und 18,7 kg N ha⁻¹ in den Gemenge mit Ackerbohne und Erbse festgestellt. Im Mittel über die Anbauformen wurden 25,5, 25,0 und 27,8 kg N ha⁻¹ im Spross des Weizens bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenweite ermittelt (Abb. 25, Tab. A LX). Im Mittel akkumulierten die Leguminosen in Reinsaaten mit 21,7 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne) und 23,0 kg N ha⁻¹ (Erbse) ähnlich hohe bodenbürtige N-Menge wie im Gemenge mit im Mittel 19,6 und 22,2 kg N ha⁻¹ (Abb. 25, Tab. A LXVI). Die Summe an bodenbürtiger N-Aufnahme beider Arten im Gemenge war zum zweiten Erntetermin mit im Mittel 45,2, 36,5 und 42,5 kg N ha⁻¹ in den Ackerbohnergemengen WA15, WA30/30 und WA75/15 sowie 36,5, 50,8 und 35,2 kg N ha⁻¹ in den Erbsengemengen WE15, WE30/30 und WE75/15 nicht signifikant verschieden (Abb. 25, Tab. A LXVIII). Der RYT des bodenbürtigen N-Ertrages im Spross der Arten erreichte Werte zwischen 1,2 und 1,8 und unterschied sich nicht signifikant innerhalb der Ackerbohnen- und Erbsengemenge (Tab. A LXIX). Die Leguminosen hatten am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 bis zur zweiten Ernte zwischen 48,5 und 67,7 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne) symbiotisch fixiert und im Spross eingelagert. Bei der Erbse lag die symbio-

tische N₂-Fixierleistung zwischen 68,0 und 121,6 kg N ha⁻¹. Die höchste symbiotische N₂-Fixierleistung wurde bei Ackerbohne und Erbse in Reinsaat, die geringste Leistung in einer Gemengevariante festgestellt (Abb. 25, Tab. A LXXVII).

Zur Kornreife (dritter Erntetermin) wurden am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 im Mittel über die Reihenweiten mit 16,3 und 20,5 kg N ha⁻¹ bei den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten signifikant höhere Korn-N-Erträge des Weizens als im Mittel der Gemengen mit Ackerbohne und Erbse mit 9,2 und 12,1 kg N ha⁻¹ bestimmt. Ferner unterschieden sich die Mittel der 100 % Weizenreinsaaten von den 20 % Weizenreinsaaten in der Korn-N-Menge signifikant. Im Mittel über die Anbauformen wurden mit 14,7, 13,8 und 15,0 kg N ha⁻¹ bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand keine signifikanten Unterschiede im Korn-N-Ertrag des Weizens festgestellt (Abb. 25, Tab. A LXX). Die Korn-N-Menge aus bodenbürtiger Aufnahme lag bei den Leguminosen im Mittel der Reinsaaten mit 15,8 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne) und 15,8 kg N ha⁻¹ (Erbse) tendenziell über den Beträgen, die die Leguminosen im Mittel der Gemenge mit 9,2 und 12,1 kg N ha⁻¹ aufwiesen (nicht signifikant verschieden, Abb. 25, Tab. A LXXVI). Die insgesamt im Kornertrag des Gemenges befindliche N-Menge aus dem Boden betrug im Gemenge mit der Ackerbohne mit 21,6, 16,3 und 17,4 kg N ha⁻¹ und im Gemenge mit der Erbse mit 25,1, 25,1 und 22,2 kg N ha⁻¹ und ergab damit annähernd gleich hohe Beträge wie in Reinsaat (Abb. 25, Tab. A LXXVIII). Der RYT der N-Menge im Korn aus bodenbürtiger Aufnahme wurde mit 0,9 bis 1,5 bestimmt (nicht signifikant verschieden zwischen den Gemengen einer Art, Tab. A LXXIX). Die Höhe des fixierten Stickstoffs lag bei den Leguminosenreinsaaten mit im Mittel 107,7 kg N ha⁻¹ im Korn der Ackerbohne und 42,9 kg N ha⁻¹ im Korn der Erbse tendenziell über dem Mittel der Gemenge mit 93,2 und 36,8 kg N ha⁻¹ (nicht signifikant verschieden innerhalb der Art, Abb. 25, Tab. A LXXVII).

Die N-Mengen im Stroh des Weizens betragen am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 im Mittel über die Reihenweiten 10,6 und 7,0 kg N ha⁻¹ in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten sowie 5,3 und 7,2 kg N ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne bzw. Erbse. Dabei lag der Mittelwert der 100 % Reinsaaten signifikant über den Mittelwerten aller anderen Anbauformen. Der Mittelwert der 20 % Reinsaaten war statistisch gleich hoch wie der Mittelwert des Gemenges mit der Erbse. Beide Mittelwerte unterschieden sich wiederum signifikant vom Mittelwert des Gemenges mit der Ackerbohne (Abb. 25, Tab. ALXXX). Im Mittel über die Anbauformen waren im Stroh des Weizens mit 7,5, 7,2 und 7,9 kg N ha⁻¹ bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenweite vorhanden, wobei keine signifikanten Unterschiede bestanden (Abb. 25, Tab. A LXXX). Die Menge des bodenbürtigen Stickstoffs im Stroh der

Leguminosen war in den Gemengen mit im Mittel $5,3 \text{ kg N ha}^{-1}$ bei der Ackerbohne und $7,2 \text{ kg N ha}^{-1}$ bei der Erbse nur sehr gering. Sie unterschieden sich auch nur tendenziell von den Reinsaaten mit im Mittel $10,1$ und $10,1 \text{ kg N ha}^{-1}$ (Ackerbohne und Erbse, Abb. 25, Tab. A LXXXVI). Die Menge an bodenbürtigen Stickstoff im Stroh beider Arten im Gemenge unterschied sich im Mittel der Ackerbohngemenge mit $12,8$, $9,4$ und $9,4 \text{ kg N ha}^{-1}$ (WA15, WA30/30 und WA75/15) sowie im Mittel der Erbsengemenge mit $14,2$, $14,3$ und $14,7 \text{ kg N ha}^{-1}$ (WE15, WE30/30 und WE75/15) nicht signifikant zwischen den Gemengestufen einer Art voneinander (Abb. 25, Tab. LXXXVIII). Der RYT der bodenbürtigen N-Menge im Stroh der Arten belief sich bezüglich der N-Erträge am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 auf $1,6$, $1,2$ und $1,1$ bei den Ackerbohngemengen und auf $1,8$, $1,8$ und $1,7$ bei den Erbsengemengen jeweils für die Mischsaat, alternierende Reihen und Reihen-Streifen-Gemenge (Tab. A LXXXIX). Wenig verschieden war auch die luftbürtige N-Menge im Stroh der Leguminosen im Mittel $34,1 \text{ kg N ha}^{-1}$ in den Reinsaaten der Ackerbohne und $7,5 \text{ kg N ha}^{-1}$ in den Reinsaaten der Erbse im Vergleich zu den Beträgen im Gemenge mit im Mittel $35,7$ und $4,3 \text{ kg N ha}^{-1}$ (Ackerbohne, Erbse, Abb. 25, Tab. A LXXXVII). Die höchsten Gesamt-N-Erträge aus der Summe von boden- und luftbürtigen Stickstoff sowie Korn und Stroh erzielten die Ackerbohnenreinsaaten mit im Mittel $167,6 \text{ kg N ha}^{-1}$ sowie die Ackerbohngemenge in der Summe beider Arten mit im Mittel $157,9 \text{ kg N ha}^{-1}$ (Abb. 25).

Standort Stöckendrebber 2004

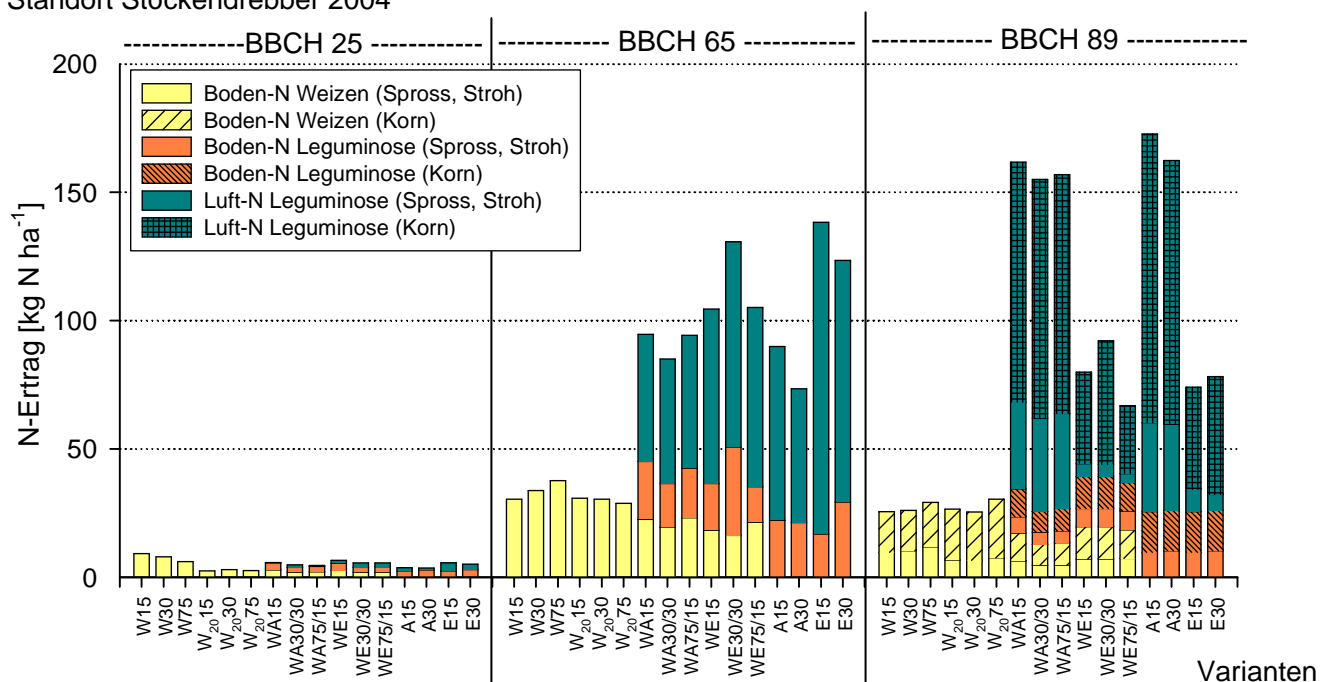


Abb. 25: Stickstoff-Ertrag aller Prüfglieder zu den drei Ernteterminen am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004

Zur ersten Beerntung im Frühjahr 2005 (BBCH 25 des Weizens) wurden am Standort Stöckendrebber im Mittel über die Reihenweiten im Spross des Weizens 12,9 und 6,1 kg N ha⁻¹ in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten sowie 5,9 und 5,5 kg N ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse ermittelt. Im Mittel über die Anbauformen wurde eine N-Menge im Spross des Weizens von 8,5, 8,3 und 6,0 kg N ha⁻¹ bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand bestimmt (Abb. 26, Tab. A LIII). In den Leguminosen wurden zu diesem Zeitpunkt im Mittel 0,9 und 2,1 kg N ha⁻¹ bodenbürtiger Stickstoff im Sprossertrag der Ackerbohne sowie der Erbse nachgewiesen. Die Reinsaaten der Leguminosen unterschieden sich nicht signifikant von den jeweiligen Gemengen in der Höhe des bodenbürtigen Spross-N-Ertrages zum Termin der ersten Beerntung (Abb. 26, Tab. A LVI). In der Summe der Sprossmasse im Gemenge (des Weizens und Leguminose) konnten im Mittel 7,2, 7,6 und 5,4 kg N ha⁻¹ in den Ackerbohngemengen (WA15, WA30/30 und WA75/15) und 7,6, 9,7 und 6,7 kg N ha⁻¹ in den Erbsengemengen (WE15, WE30/30 und WE75/15) an bodenbürtigem Stickstoff ermittelt werden. Die bodenbürtige N-Menge im Spross des Weizens und der Ackerbohne der Variante WA75/15 unterschied sich signifikant von den anderen beiden Ackerbohngemengen. Zusätzlich unterschied sich die bodenbürtige N-Menge im Spross der Pflanzen der Variante WE30/30 signifikant von der Variante WE75/15 (Abb. 26, Tab. A LVIII). Der RYT der bodenbürtigen N-Menge im Spross der Arten lag im Mittel 1,6, 1,3 und 1,5 in den Ackerbohngemengen sowie mit im Mittel 1,8, 2,1 und 1,8 in den Erbsengemengen jeweils für die Mischsaat, alternierende Reihen und Reihen-Streifen-Gemenge zur ersten Ernte jeweils deutlich über 1 (Tab. A LIX). Die Leguminosen hatten zum ersten Erntetermin am Standort Stöckendrebber 2005 signifikant (Ackerbohne) bzw. tendenziell (Erbse) in den Reinsaaten mit im Mittel 2,2 und 4,6 kg N ha⁻¹ höhere Mengen an luftbürtigen Stickstoff im Spross eingelagert als in den Gemengen mit im Mittel 1,2 und 3,3 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne und Erbse, Abb. 26, Tab. A LVII).

Zur zweiten Beerntung wurden am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005 im Mittel über die Reihenweiten im Spross des Weizens 48,0 und 43,6, kg N ha⁻¹ in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten sowie 37,5 und 34,9 kg N ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse festgestellt. Dabei unterschieden sich die Werte der 100 % Weizenreinsaaten signifikant von beiden Werten der Gemenge, während sich der Mittelwert der 20 % Weizenreinsaat nur vom Mittelwert der Erbsengemenge signifikant unterschied. Im Mittel über die Anbauformen wurden mit 43,7 und 42,3 kg N ha⁻¹ bei 15 cm und 30 cm Reihenweite signifikant höhere Spross-N-Erträge des Weizens erfasst als mit 37,0 kg N ha⁻¹ bei 75 cm

Reihenweite (Abb. 26, Tab. A LXIII). Im Mittel akkumulierten die Leguminosenreinsaaten mit 44,7 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne) und 35,5 kg N ha⁻¹ (Erbse) tendenziell höhere bodenbürtige N-Mengen im Spross als die Arten im Mittel der Gemenge mit 16,5 und 16,8 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne und Erbse, Abb. 26, Tab. A LXVI). In der Summe der bodenbürtigen N-Menge im Spross der Leguminose und des Weizens im Gemenge traten zu diesem Erntetermin mit im Mittel 56,3, 58,9 und 46,6 kg N ha⁻¹ in den Ackerbohnergemengen WA15, WA30/30 und WA75/15 sowie 56,5, 45,2 und 53,4 kg N ha⁻¹ in den Erbsengemengen WE15, WE30/30 und WE75/15 keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gemengen einer Art auf (Abb. 26, Tab. A LXVIII). Der RYT des bodenbürtigen N-Ertrages im Spross der Arten erreichte Werte zwischen 1,0 und 1,6 und unterschied sich nicht signifikant innerhalb der Ackerbohnen- und Erbsengemenge (Tab. A LXIX). Die symbiotisch fixierte N-Menge im Spross der Leguminosen belief sich auf Werte zwischen 66,5 und 104,8 kg N ha⁻¹ bei der Ackerbohne und zwischen 93,2 und 112,2 kg N ha⁻¹ bei der Erbse. Die höchste symbiotische N₂-Fixierleistung wurde jeweils in einer Reinsaat, die niedrigste in einer Gemengevariante festgestellt (Abb. 26, Tab. A LXVII).

Zum dritten Beerntungstermin (Druschreife des Weizens, BBCH 89) im Jahr 2005 wurden am Standort Stöckendrebber im Mittel über die Reihenweiten mit 42,3 und 39,3 kg N ha⁻¹ in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten signifikant höhere Korn-N-Erträge des Weizens als im Mittel der Gemenge mit der Ackerbohne und der Erbse mit 31,0 und 25,6 kg N ha⁻¹ bestimmt. Im Mittel über die Anbauformen wurden mit 33,4, 37,9 und 32,5 kg N ha⁻¹ bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand keine signifikanten Unterschiede im Korn-N-Ertrag des Weizens zwischen den Reihenabständen festgestellt (Abb. 26, Tab. A LXXIII). Die im Korn befindliche bodenbürtige N-Menge der Leguminosen betrug im Mittel der Reinsaaten 31,9 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne) und 27,1 kg N ha⁻¹ (Erbse) und wies signifikant bzw. tendenziell höhere Werte als im Mittel der Gemenge mit 14,5 und 13,0 kg N ha⁻¹ auf (Ackerbohne und Erbse, Abb. 26, Tab. A LXXVI). Die Summe des bodenbürtigen Stickstoffs im Korn beider Arten im Gemenge lag in den Ackerbohnergemengen mit 45,2, 46,3 und 44,8 kg N ha⁻¹ und in den Erbsengemengen mit 34,9, 38,9 und 42,0 kg N ha⁻¹ annähernd gleich hoch bei unterschiedlicher Standraumzuteilung der Arten im Gemenge (Mischsaat, alternierende Reihe, Reihen-Streifen-Gemenge, Abb. 26, Tab. A LXXVIII). Der RYT der bodenbürtigen Korn-N-Erträge wurde mit Werten zwischen 1,0 bis 1,4 mit signifikanten Unterschieden zwischen der Variante WE15 mit 1,0 und WE75/15 mit 1,3 bestimmt (Tab. A LXXIX). Die Höhe des symbiotisch fixierten Stickstoffs im Korn der Ackerbohne bzw. Erbse lag in Reinsaaten mit im Mittel 145,0 und 84,4 kg N ha⁻¹ signifikant (Ackerboh-

ne) bzw. tendenziell (Erbse) über dem Mittel der Gemenge mit 90,3 bzw. 71,6 kg N ha⁻¹ (Abb. 26, Tab. A LXXVII).

Der N-Ertrag im Stroh des Weizens betrug im Mittel über die Reihenweiten 11,6 und 11,7 kg N ha⁻¹ in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten sowie 11,7 und 10,0 kg N ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne bzw. Erbse. Im Mittel über die Anbauformen akkumulierte der Weizen 11,6, 12,1 und 10,0 kg N ha⁻¹ im Stroh bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenweite (Abb. 26, Tab. A LXXX). Im Stroh der Leguminosen befanden sich nur geringe Mengen bodenbürtigen Stickstoffs, so dass teilweise auch ein entsprechender analytischer Nachweis zur bodenbürtigen N-Menge im Stroh der Leguminose nicht erbracht werden konnte (Abb. 26, Tab. A LXXXVI). Die N-Mengen aus bodenbürtiger Quelle im Stroh beider Gemengepartner unterschieden sich im Mittel der Ackerbohnergemenge mit 11,4, 14,9 und 10,1 kg N ha⁻¹ (WA15, WA30/30 und WA75/15) sowie im Mittel der Erbsengemenge mit 11,7, 9,5 und 8,7 kg N ha⁻¹ (WE15, WE30/30 und WE75/15) nicht signifikant voneinander innerhalb der Gemenge mit einer Leguminosenart (Abb. 26, Tab. LXXXVIII).

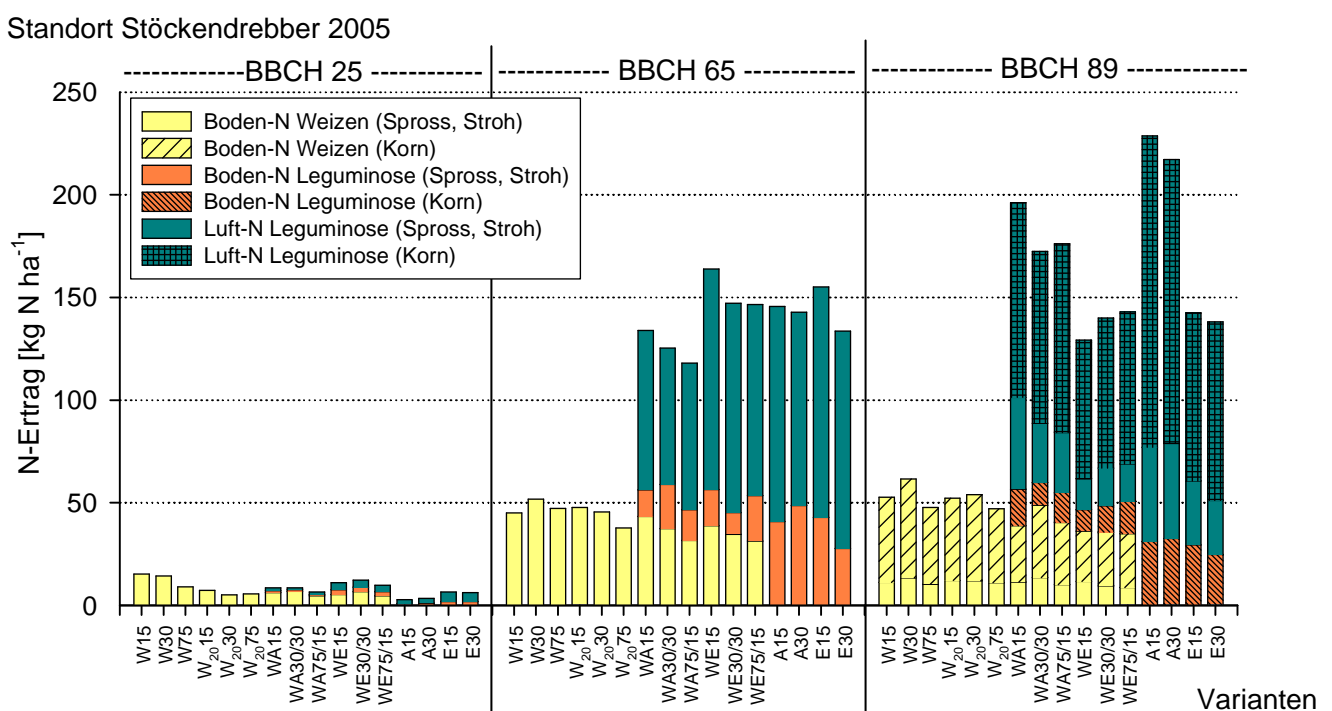


Abb. 26: Stickstoff-Ertrag aller Prüfglieder zu den drei Ernteterminen am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005

Der RYT der bodenbürtigen Stroh-N-Erträge konnte für den Standort Stöckendrebber 2005 aufgrund der niedrigen Stroh-N-Erträge der Leguminosen in Reinsaat nicht ermittelt werden (Tab. A LXXXIX). Tendenzuell höhere Mengen luftbürtigen Stickstoffs im Stroh wurden im Mittel der Ackerbohnen- und Erbsenreinsaaten mit 46,1 und 28,8 kg N ha⁻¹ im

Vergleich zu den Ackerbohnen- und Erbsengemengen mit im Mittel 34,3 und 17,2 kg N ha⁻¹ festgestellt (Abb. 26, Tab. A LXXXVII). Die höchsten Gesamt-N-Erträge aus der Summe von boden- und luftbürtigen Stickstoff sowie Korn und Stroh erzielten im Jahr 2005 am Standort Stöckendrebber die Ackerbohnenreinsaaten mit im Mittel 222,9 kg N ha⁻¹ sowie die Ackerbohnergemeinde in der Summe beider Arten mit im Mittel 181,6 kg N ha⁻¹ (Abb. 26).

Zur ersten Beerntung wurden am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004 im Mittel über die Reihenweiten ein N-Ertrag im Spross des Weizens von 4,2 und 0,2 kg N ha⁻¹ in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten sowie 0,3 und 0,5 kg N ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse ermittelt. Im Mittel über die Anbauformen wurden 1,1, 1,2 und 1,5 kg N ha⁻¹ im Spross des Weizens bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand bestimmt (Abb. 27, Tab. A LII). Die Leguminosen hatten zu diesem Zeitpunkt im Mittel 1,6 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne) und 3,3 kg N ha⁻¹ (Erbse) bodenbürtigen Stickstoff im akkumuliert (Abb. 27, Tab. A LVI). Der Weizen und die Leguminosen hatten im Mittel insgesamt 2,0, 2,0 und 1,4 kg N ha⁻¹ in den Ackerbohngemengen (WA15, WA30/30 und WA75/15) und 4,0, 3,4 und 3,6 kg N ha⁻¹ in den Erbsengemengen WE15, WE30/30 und WE75/15) bodenbürtigen Stickstoff im Spross aufgenommen (Abb. 27, Tab A LVIII). Der RYT der bodenbürtigen N-Erträge im Spross lag im Mittel bei 1,1, 1,1 und 0,7 in den Ackerbohngemengen sowie bei 1,3, 1,0 und 1,0 in den Erbsengemengen jeweils für die Mischsaat, alternierenden Reihen und Reihen-Streifen-Gemeinde (Tab. A LIX). Zum ersten Erntetermin am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004 hatten die Leguminosen in den Reinsaaten mit im Mittel 1,0 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne) und 2,5 kg N ha⁻¹ (Erbse) tendenziell höhere Mengen symbiotisch fixierten Stickstoffs im Spross gespeichert als in den Gemengen mit im Mittel 0,4 und 2,0 kg N ha⁻¹ (Abb. 27, Tab. A LVII).

Zum zweiten Beerntungstermin im Jahr 2004 wurden am Standort Deppoldshausen im Mittel über die Reihenweiten im Spross des Weizens 41,7 und 5,6, kg N ha⁻¹ in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten sowie 4,5 und 4,9 kg N ha⁻¹ den Gemeinde mit Ackerbohne und Erbse festgestellt. Im Mittel über die Anbauformen wurden 14,2, 14,6 und 13,7 kg N ha⁻¹ im Spross des Weizens bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenweite ermittelt (Abb. 27, Tab. A LX). Bei Ackerbohne und Erbse wurden in Reinsaat im Mittel 46,2 und 25,5 kg N ha⁻¹ bodenbürtiger Stickstoff im Spross nachgewiesen, welches in etwa den Mengen, die die Pflanzen im Mittel im Gemeinde mit 34,2 und 29,2 kg N ha⁻¹ aufnahmen, entsprach (Abb. 27, Tab. A LXVI). Die Summe des bodenbürtigen N-Ertrages im Spross beider Arten

im Gemenge war zum zweiten Erntetermin (BBCH 65) mit im Mittel 25,5, 48,4 und 33,5 kg N ha⁻¹ bei den Ackerbohngemengen WA15, WA30/30 und WA75/15 sowie 44,5, 17,0 und 38,5 kg N ha⁻¹ bei den Erbsengemengen WE15, WE30/30 und WE75/15 nicht signifikant verschieden zwischen den Gemengevarianten einer Art (Abb. 27, Tab. A LXVIII). Der RYT des N-Ertrages im Spross aus bodenbürtiger Quelle erreichte Werte zwischen 0,6 und 1,7 und unterschied sich nicht signifikant innerhalb der Ackerbohnen- und Erbsengemenge (Tab. A LXIX). Die symbiotisch fixierte N-Menge, die gleichzeitig im Spross der Leguminosen nachgewiesen wurde, lag zwischen 76,2 und 115,5 kg N ha⁻¹ bei der Ackerbohne und zwischen 56,0 und 90,0 kg N ha⁻¹ bei der Erbse. Die höchste Menge an symbiotisch fixierten Stickstoff im Spross war jeweils in einer Reinsaat, die niedrigste in einer Gemengevariante festgestellt worden (Abb. 27, Tab. A LXVII).

Zur Kornreife der Bestände am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004 betrug die N-Menge des Weizens im Mittel über die Reihenweiten 28,2 und 4,9 kg N ha⁻¹ in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten sowie 3,2 und 5,7 kg N ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse. Im Mittel über die Anbauformen wurden 11,1, 11,0 und 9,5 kg N ha⁻¹ bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand an Stickstoff im Korn des Weizens festgestellt (Abb. 27, Tab. A LXXII). Im Kornertrag der Leguminosen befanden sich im Mittel der Reinsaaten bei der Ackerbohne mit 49,9 kg N ha⁻¹ und Erbse mit 27,3 kg N ha⁻¹ ähnlich hohe Mengen bodenbürtigen Stickstoffs wie im Mittel der Gemenge mit 39,1 und 30,2 kg N ha⁻¹ (Abb. 27, Tab. A LXXVI). Die Summe der bodenbürtigen N-Menge im Korn beider Arten im Gemenge betrug bei der Ackerbohne 34,5, 55,0 und 36,2 kg N ha⁻¹ und bei der Erbse 49,2, 31,2 und 25,2 kg N ha⁻¹, so dass sich Werte zwischen den Gemengevarianten einer Art nicht signifikant unterschieden (Abb. 27, Tab. A LXXVIII). Der RYT der bodenbürtigen N-Menge der Arten im Gemenge lag zwischen 0,8 und 1,6 (nicht signifikant verschieden, Tab. A LXXIX). Die Höhe des fixierten Stickstoffs lag bei den Leguminosenreinsaaten mit im Mittel 168,2 und 67,6 kg N ha⁻¹ über dem Mittel der Gemenge mit 156,5 und 57,1 kg N ha⁻¹ Ackerbohnen- bzw. Erbsenkornstickstofftrag (nicht signifikant innerhalb der Art, Abb. 27, Tab. A LXXVII).

Im Weizenstroh befanden sich zur Kornreife am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004 im Mittel über die Reihenweiten 8,0 und 1,9 kg N ha⁻¹ in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten sowie 0,9 und 1,4 kg N ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse. Im Mittel über die Anbauformen betrug die N-Menge im Stroh des Weizens 2,9, 3,4 und 2,8 kg N ha⁻¹ bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenweite (Abb. 27, Tab. A LXXXII). Im Stroh der

Leguminosen wurden in den Gemengen im Mittel $1,3 \text{ kg N ha}^{-1}$ (Ackerbohne) und $1,2 \text{ kg N ha}^{-1}$ (Erbse) aus bodenbürtiger Quelle nachgewiesen, die sich nur tendenziell von Mengen in den Reinsaaten mit im Mittel $8,7$ und $1,6 \text{ kg N ha}^{-1}$ unterschieden (Abb. 27, Tab. A LXXXVI). Die bodenbürtigen N-Erträge im Stroh unterschieden sich in der Summe der Gemengepartner im Mittel der Ackerbohngemenge mit $2,4$, $4,1$ und $1,9 \text{ kg N ha}^{-1}$ (WA15, WA30/30 und WA75/15) sowie im Mittel der Erbsengemenge mit $2,6$, $3,7$ und $2,1 \text{ kg N ha}^{-1}$ (WE15, WE30/30 und WE75/15) nicht signifikant voneinander (Abb. 27, Tab. LXXXVIII). Der RYT der bodenbürtigen N-Erträge im am Standort Deppoldshausen 2004 belief sich auf $0,9$, $0,9$ und $0,7$ in den Ackerbohngemengen und auf $1,1$, $0,8$ und $0,9$ in den Erbsengemengen jeweils für die Mischsaat, alternierenden Reihen und Reihen-Streifen-Gemenge (Tab. A LXXXIX). Tendenziell höhere N-Erträge im Stroh aus der symbiotischen N_2 -Fixierung wurden in der Reinsaaten der Ackerbohne und Erbse mit im Mittel $62,6$ und $22,9 \text{ kg N ha}^{-1}$ im Vergleich zu den Ackerbohnen- und Erbsengemengen mit im Mittel $43,3$ und $17,2 \text{ kg N ha}^{-1}$ festgestellt (Abb. 27, Tab. A LXXXVII). Die höchsten Gesamt-N-Erträge aus der Summe von boden- und luftbürtigen Stickstoff sowie Korn und Stroh erzielten auch am Standort Deppoldshausen (Jahr 2004) die Reinsaaten der Ackerbohne mit im Mittel $226,8 \text{ kg N ha}^{-1}$ sowie die Gemenge der Ackerbohne in der Summe beider Arten mit im Mittel $201,1 \text{ kg N ha}^{-1}$ (Abb. 27).

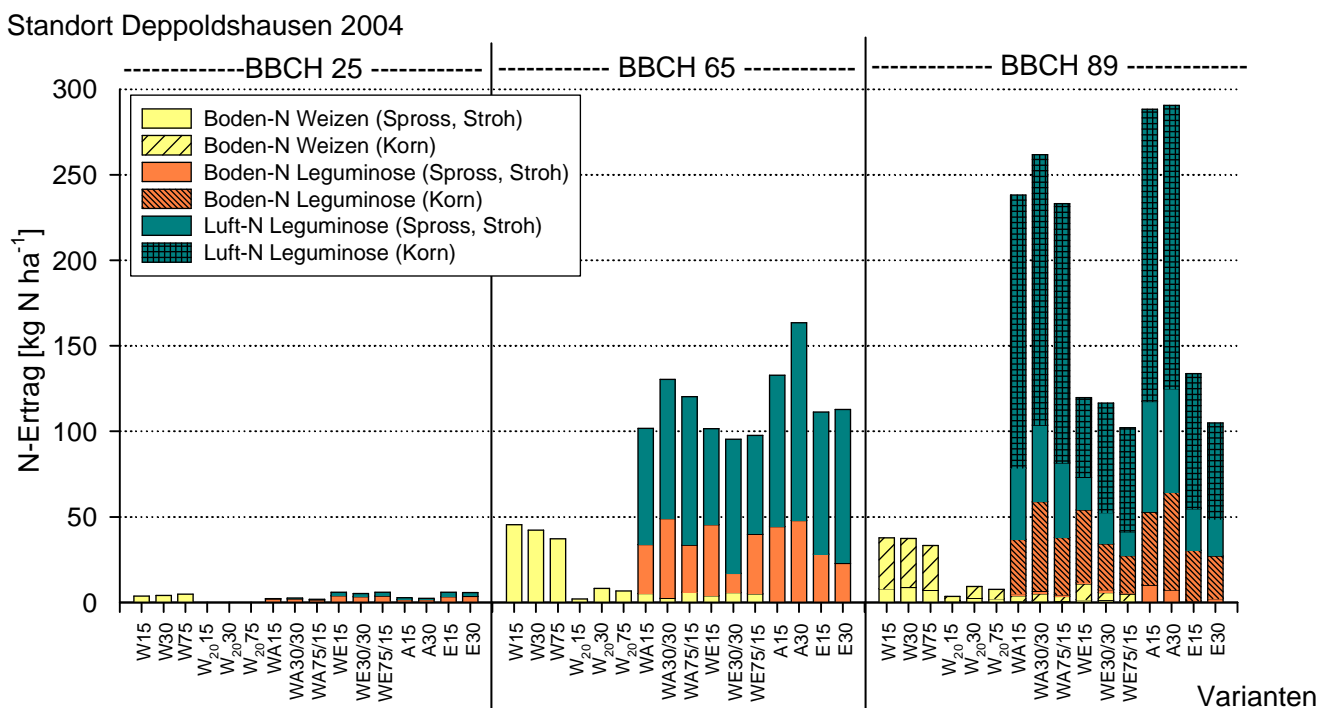


Abb. 27: Stickstoff-Ertrag aller Prüfglieder zu den drei Ernteterminen am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004

Im Jahr 2005 wurden zum ersten Termin der Beerntung am Standort Deppoldshausen im Mittel über die Reihenweiten im Spross des Weizens 14,5 und 4,8 kg N ha⁻¹ in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten sowie 5,4 und 7,4 kg N ha⁻¹ in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse ermittelt. Im Mittel über die Anbauformen wurde eine N-Menge im Spross des Weizens in Höhe von 8,9, 8,6 und 6,6 kg N ha⁻¹ bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand bestimmt (Abb. 28, Tab. A LV). In der Sprossmasse der Leguminosen wurden zu diesem Zeitpunkt im Mittel 3,1 und 2,4 kg N ha⁻¹ aus bodenbürtiger Herkunft in der Ackerbohne sowie der Erbse bestimmt. Die Reinsaaten der Leguminosen unterschieden sich hierin nicht signifikant von den jeweiligen Gemengen (Abb. 28, Tab. A LVI). Die Summe an bodenbürtigem Stickstoff im Spross des Weizens und der Leguminosen betrug im Mittel 8,4, 7,3 und 6,7 kg N ha⁻¹ in den Ackerbohngemengen (WA15, WA30/30 und WA75/15) und 9,8, 9,7 und 8,6 kg N ha⁻¹ in den Erbsengemengen (WE15, WE30/30 und WE75/15, Abb. 28, Tab A LVIII). Der RYT der bodenbürtigen N-Menge im Spross der Arten lag mit im Mittel 1,2, 0,8 und 1,7 in den Ackerbohngemengen sowie mit im Mittel 0,9, 1,5 und 1,0 in den Erbsengemengen jeweils für die Mischsaat, alternierenden Reihen und Reihen-Streifen-Gemenge am Standort Deppoldshausen 2005 zur ersten Ernte nur in drei Gemengevarianten über 1 (Tab. A LIX). Die Leguminosen wiesen zum ersten Erntetermin am Standort Deppoldshausen 2005 in den Reinsaaten mit im Mittel 4,4 und 6,6 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne und Erbse) gleich hohe luftbürtige N-Mengen im Spross auf wie in den Gemengen mit im Mittel 4,3 und 6,0 kg N ha⁻¹ (Abb. 28, Tab. A LVII).

Zum zweiten Erntetermin im Jahr 2005 in der Blüte des Weizens (BBCH 65) wurden am Standort Deppoldshausen im Mittel über die Reihenweiten mit 39,0 und 34,2 kg N ha⁻¹ in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten signifikant höhere N-Erträge im Spross des Weizens als in den Gemenge mit Ackerbohne und Erbse mit im Mittel 17,2 und 25,9 kg N ha⁻¹ festgestellt. Dabei unterschied sich die N-Menge im Weizenspross der Ackerbohngemenge ebenfalls signifikant vom Wert der Erbsengemenge. Im Mittel über die Anbauformen wurden mit 28,8, 31,0 und 27,4 im N-Ertrag des Weizensprosses ermittelt (Abb. 28, Tab. A LXV). Die bodenbürtige N-Menge im Spross der Leguminosen lag in Reinsaat mit im Mittel mit 63,1 und 22,6 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne und Erbse) tendenziell über den Beträgen der Leguminosen im Mittel der Gemenge mit 17,1 und 3,9 kg N ha⁻¹ (Abb. 28, Tab. A LXVI). Die Summe der im Spross beider Arten im Gemenge befindlichen N-Menge aus dem Boden war zum zweitem Erntetermin mit im Mittel 31,8, 31,4 und 39,7 kg N ha⁻¹ in den Ackerbohngemengen WA15, WA30/30 und WA75/15 sowie 32,7, 27,8 und 28,7 kg N ha⁻¹ in den Erbsengemengen WE15, WE30/30 und WE75/15 nicht signifikant verschie-

den (Abb. 28, Tab. A LXVIII). Der RYT der bodenbürtigen N-Menge im Spross der Arten erreichte Werte zwischen 0,7 und 1,5 und unterschied sich nicht signifikant innerhalb der Ackerbohnen- und Erbsengemenge (Tab. A LXIX). Die symbiotisch fixierte N-Menge im Spross der Leguminosen lag am Standort Deppoldshausen 2005 zur zweiten Ernte zwischen 55,5 und 89,0 kg N ha⁻¹ bei der Ackerbohne und zwischen 28,7 und 39,3 kg N ha⁻¹ bei der Erbse (Abb. 28, Tab. A LXVII).

Im Jahr 2005 wurden zur Kornreife der Bestände am Standort Deppoldshausen im Mittel über die Reihenweiten mit 30,0 und 29,5 kg N ha⁻¹ bei den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten signifikant höhere N-Mengen im Korn des Weizens als im Mittel der Gemengen mit Ackerbohne und Erbse mit 14,3 und 20,9 kg N ha⁻¹ bestimmt. Die Korn-N-Menge des Weizens im Gemenge mit der Ackerbohne unterschied sich ebenfalls signifikant von der Menge im Gemenge mit der Erbse. Im Mittel über die Anbauformen wurde ein Korn-N-Ertrag des Weizens in Höhe von 24,7, 25,2 und 21,1 kg N ha⁻¹ bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand festgestellt. Die Beträge aus 30 cm und 75 cm Reihenabstand unterschieden sich signifikant (Abb. 28, Tab. A LXXV). Die aus dem Boden stammende N-Menge im Korn der Leguminosen betrug im Mittel der Reinsaaten mit 44,3 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne) und 20,9 kg N ha⁻¹ (Erbse) und war signifikant bzw. tendenziell (Erbse) höher als im Mittel der Gemenge der jeweiligen Art mit 16,1 bzw. 5,2 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne und Erbse, Abb. 28, Tab. A LXXVI). Die Summe des bodenbürtigen Stickstoff im Korn beider Arten im Gemenge addierte sich bei der Ackerbohne auf 30,9, 28,6 und 31,9 kg N ha⁻¹ und bei der Erbse auf 28,4, 28,2 und 21,6 kg N ha⁻¹ (Abb. 28, Tab. A LXXVIII). Der RYT der bodenbürtigen N-Menge im Korn der Arten ergab Werte zwischen 0,8 bis 1,1 (Tab. A LXXIX). Die Höhe des symbiotisch fixierten Stickstoffs im Korn lag in den Reinsaaten der Leguminosen mit im Mittel 107,1 kg N ha⁻¹ (Ackerbohne) und 20,6 kg N ha⁻¹ (Erbse) ähnlich hoch wie im Mittel der Gemenge mit 104,8 und 16,9 kg N ha⁻¹ (Abb. 28, Tab. A LXXVII).

Die N-Erträge im Stroh des Weizens betrug im Mittel über die Reihenweiten 10,7 und 9,2 kg N ha⁻¹ in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten und lagen signifikant über den Werten im Gemenge mit der Ackerbohne und Erbse mit im Mittel 5,5 und 6,2 kg N ha⁻¹. Im Mittel über die Anbauformen traten beim Weizen mit 8,2, 8,3 und 7,2 kg N ha⁻¹ im Stroh bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenweite keine signifikanten Unterschiede auf (Abb. 28, Tab. A LXXXV). Die aus dem Boden stammende N-Menge im Stroh der Leguminosen konnten nicht bzw. nur in sehr geringer Menge bestimmt werden (Abb. 28, Tab. A LXXXVI). Die bodenbürtigen N-Erträge im Stroh beider Arten im Gemenge unterschieden

sich im Mittel der Ackerbohngemenge mit 6,0, 4,2 und 6,4 kg N ha⁻¹ (WA15, WA30/30 und WA75/15) sowie im Mittel der Erbsengemenge mit 7,5, 6,6 und 4,7 kg N ha⁻¹ (WE15, WE30/30 und WE75/15) nicht signifikant voneinander (Abb. 28, Tab. LXXXVIII). Der RYT der bodenbürtigen N-Menge im Stroh konnte am Standort Deppoldshausen im Jahr 2005 aufgrund der niedrigen N-Erträge im Stroh aus bodenbürtiger Herkunft bei den Leguminosen in Reinsaat nicht ermittelt werden (Tab. A LXXXIX). Tendenziell höhere luftbürtige Stroh-N-Erträge wurden im Mittel der Ackerbohnen- und Erbsenreinsaaten mit 44,1 und 12,3 kg N ha⁻¹ im Vergleich zu den Ackerbohnen- und Erbsengemengen mit im Mittel 33,1 und 8,3 kg N ha⁻¹ festgestellt (Abb. 28, Tab. A LXXXVII). Im Jahr 2005 erzielten am Standort Deppoldshausen die Reinsaaten der Ackerbohne die höchsten Gesamt-N-Erträge in der Summe von boden- und luftbürtigem Stickstoff sowie Korn und Stroh mit im Mittel 198,9 kg N ha⁻¹ sowie die Gemenge der Ackerbohne in der Summe beider Arten mit im Mittel 174,2 kg N ha⁻¹ (Abb. 28).

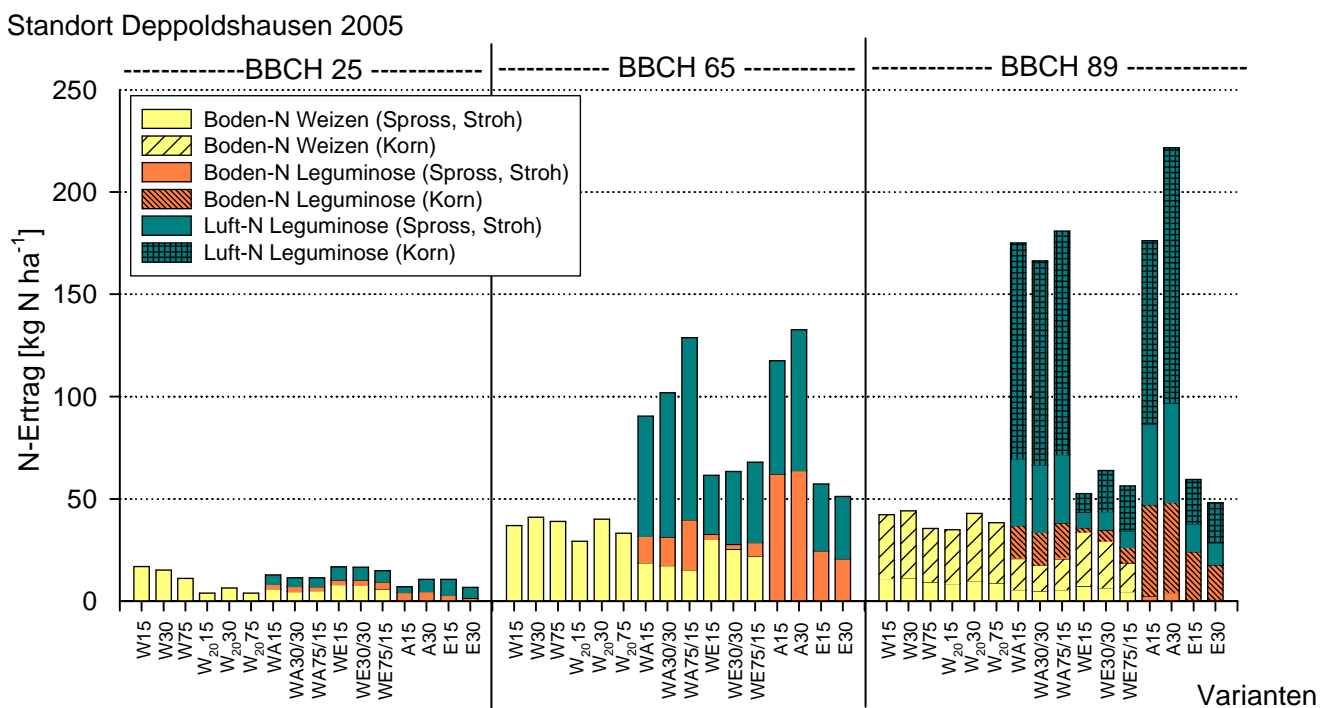


Abb. 28: Stickstoff-Ertrag aller Prüfglieder zu den drei Ernteterminen am Standort Deppoldshausen im Jahr 2005

Anteil Stickstoff aus der Luft (Ndfa)

Zur ersten Beerntung konnte in der Regel tendenziell ein höherer Anteil fixierter Stickstoff aus der Luft im Spross der Leguminosen in Reinsaat gemessen werden als im Gemenge (Tab. 36). So betrug der Anteil fixierten Stickstoffs im Spross der Ackerbohne im Mittel aller Gemenge 17,4 % (Standort Reinshof 2004), 22,1 und 59,0 % (Standort Stö-

ckendrebber 2004 und 2005) sowie und 21,6 % (Standort Deppoldshausen 2004), während die entsprechenden Werte im Mittel der Reinsaat bei 68,7, 30,3, 35,8 und 35,3 % lagen. Am Standort Deppoldshausen war im Jahr 2004 der mittlere Ndfa-Wert der Variante A15 mit 41,3 % signifikant höher als der Wert in der Mischsaat (WA15) mit im Mittel 11,7 %. Bei der Erbse wurde mit im Mittel aller Gemenge mit 62,7 % (Reinshof 2004) 41,3 und 41,2 % (Stöckendrebber 2004 und 2005) und 75,9 % (Deppoldshausen 2005) jeweils niedrigere Werte als im Mittel der Reinsaat mit 48,0, 71,8, 50,3 und 81,7 % festgestellt. Tendenziell gleich hohe oder höhere Ndfa-Werte der Leguminosen aus Gemengeanbau wurden hingegen bei der Ackerbohne mit im Mittel 68,1 und 71,1 % Ndfa im Vergleich zu den Reinsaat mit im Mittel 65,4 und 52,0 % Ndfa an den Standorten Reinshof im Jahr 2005 sowie Deppoldshausen im Jahr 2005 ermittelt. Bei der Erbse lagen im Mittel aller Gemenge mit 71,0 und 41,6 % ähnlich hohe oder höhere Werte als im Mittel der Reinsaat mit 66,9 und 41,6 % Ndfa an den Standorten Reinshof im Jahr 2005 sowie Deppoldshausen im Jahr 2004 vor (Tab. 37).

Tab. 37: Anteil Stickstoff aus der Luft (Ndfa) [%] in der Sprossmasse der Leguminosen zur ersten Beerntung an drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005, a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Reinshof		Stöckendrebber		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	27,2 a [#]	69,7 n.n.	7,1 a [#]	58,0 a	11,7 b [#]	70,2 a
WA30/30	14,7 a	71,2 n.n.	38,4 a	56,0 a	24,2 ab	66,7 a
WA75/15	10,3 a	63,5 n.n.	20,8 a	63,1 a	28,9 ab	76,4 a
A15	36,6 a	65,5 n.n.	33,5 a	69,1 a	41,3 a	48,2 a
A30	35,0 a	65,4 n.n.	27,1 a	68,2 a	29,3 ab	55,8 a
b) ↓						
WE15	48,8 a	70,2 a	35,9 a	58,6 a	40,4 a [#]	79,0 a
WE30/30	36,0 a	73,1 a	45,6 a	67,4 a	38,4 a	77,8 a
WE75/15	38,7 a	69,6 a	42,3 a	61,1 a	44,6 a	71,0 a
E15	51,2 a	66,2 a	55,5 a	72,7 a	43,4 a	79,1 a
E30	49,3 a	67,6 a	40,5 a	70,8 a	39,7 a	84,3 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Werten eines Standortes und Jahres, Tukey-Test, $\alpha = 0,05$; n.n. = nicht normalverteilt; [#]Scheffé-Test

Zur zweiten Beerntung zeigten in der Regel die Leguminosen aus den Gemengen höhere Ndfa-Werte als aus den Reinsaat (Tab. 38). In beiden Jahren waren an den Standorten Stöckendrebber sowie Deppoldshausen die Unterschiede allerdings nicht signifikant, wohingegen am Standort Reinshof in beiden Jahren und bei beiden Arten in der Regel signifikant höhere Ndfa-Werte der Leguminosen aus den Gemenge als aus den Reinsaat zu finden waren. Die Ackerbohne wies im Mittel aller Gemenge mit 82,3, 94,4, 80,2, 76,5 und

82,0 % höhere Anteile Ndfa im Spross als im Mittel der Reinsaat mit 60,9, 84,6, 68,7, 69,1 und 60,3 % Ndfa an den Standorten Reinshof in den Jahren 2004 und 2005, Stöckendrebber im Jahr 2005, sowie Deppoldshausen in den Jahren 2004 und 2005 auf. Bei der Erbse wurden analog im Mittel aller Gemenge mit 80,1, 96,4, 85,7, 83,1 und 91,3 % höhere Anteile Ndfa im Spross als im Mittel der Reinsaat mit 61,4, 75,6, 79,4, 77,2 und 64,6 % nachgewiesen. Am Standort Stöckendrebber erreichten im Jahr 2004 die Ackerbohnen aus Gemengeanbau mit im Mittel 72,3 % Ndfa sowie die Erbsen aus Gemengeanbau mit im Mittel 81,3 % Ndfa ähnlich hohe Werte wie im Mittel der Reinsaat mit 73,0 % Ndfa bei der Ackerbohne und 81,4 % Ndfa bei der Erbse. Am Standort Reinshof wurden im Jahr mit im Mittel bis zu 97,8 % (WE30/30) bereits zur zweiten Ernte ein sehr hoher Anteil Stickstoff aus der Luft im Spross der Leguminosen gefunden (Tab. 38).

Tab. 38: Anteil Stickstoff aus der Luft (Ndfa) [%] in der Sprossmasse der Leguminosen zur zweiten Beerntung an drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005, a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Reinshof		Stöckendrebber		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	89,6 n.n.	95,9 a	68,7 a	85,8 a	78,1 a [#]	83,0 a [#]
WA30/30	80,9 n.n.	91,9 ab	74,7 a	75,4 a	75,7 a	83,7 a
WA75/15	76,9 n.n.	95,4 a	73,4 a	79,4 a	75,8 a	79,4 a
A15	59,0 n.n.	84,1 b	75,5 a	71,4 a	67,3 a	67,3 a
A30	62,8 n.n.	85,0 b	70,4 a	66,0 a	70,8 a	53,2 a
b) ↓						
WE15	87,8 a	96,9 a	78,5 n.n.	86,0 a	78,3 a [#]	93,0 a
WE30/30	81,6 ab	97,8 a	83,1 n.n.	90,5 a	87,3 a	94,1 a
WE75/15	70,9 bc	94,5 a	82,3 n.n.	80,6 a	83,8 a	86,9 a
E15	62,1 c	76,0 b	86,7 n.n.	76,6 a	74,6 a	65,9 a
E30	60,6 c	75,1 b	76,1 n.n.	82,1 a	79,8 a	63,2 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Werten eines Standortes und Jahres, Tukey-Test, $\alpha = 0,05$; n.n. = nicht normalverteilt; [#]Scheffé-Test

Zur Kornreife der Bestände wurden im Korn der Leguminosen stets höhere Anteile fixierten Stickstoffes aus der Luft in den Gemengen als in den Reinsaat ermittelt (Tab. 39). Bei der Ackerbohne ergaben sich signifikant höhere Ndfa-Werte im Mittel aller Gemenge mit 80,0, 93,5 und 86,7 % gegenüber dem Mittel der Reinsaat mit 69,7, 78,4 und 70,8 % an den Standorten Reinshof in den Jahren 2004 und 2005 sowie Deppoldshausen im Jahr 2005. In beiden Versuchsjahren wurden am Standort Reinshof bei der Erbse signifikant höhere Ndfa-Werte im Mittel der Gemenge mit 79,2 und 94,1 % im Vergleich zu den Reinsaat mit im Mittel 50,1 und 63,2 % bestimmt. An den Standorten Stöckendrebber in beiden Versuchsjahren sowie Deppoldshausen im Jahr 2004 lagen die mittleren Ndfa-Werte

der Ackerbohne im Gemenge mit 90,3, 86,3 und 80,7 % tendenziell über dem Mittel der Reinsaat mit 86,9, 82,0 und 76,4 %. Bei der Erbse wurden in beiden Jahren an den Standorten Stöckendrebber sowie Deppoldshausen tendenziell höhere Ndfa-Werte im Gemenge mit im Mittel 73,0, 84,7, 72,7 und 78,2 % als im Mittel der Reinsaat mit 70,2, 75,8, 70,5 und 51,4 % festgestellt (Tab. 39).

Tab. 39: Anteil Stickstoff aus der Luft (Ndfa) [%] im Korn der Leguminosen zur dritten Beerntung an drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005, a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Reinshof		Stöckendrebber		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	86,0a	93,2 a	88,9 a	84,2 n.n.	83,9 a [#]	87,5 a
WA30/30	79,7 ab	94,7 a	91,7 a	88,4 n.n.	76,5 a	85,9 a
WA75/15	74,4 ab	92,5 a	90,2 a	86,4 n.n.	81,8 a	86,6 a
A15	70,9 b	78,5 b	87,1 a	83,0 n.n.	77,8 a	69,0 b
A30	68,4 b	78,3 b	86,7 a	81,0 n.n.	75,0 a	72,5 b
b) ↓						
WE15	85,5 a	94,4 a	72,3 a	86,6 n.n.	73,4 a [#]	79,9 n.n.
WE30/30	79,8 ab	95,6 a	78,8 a	85,1 n.n.	70,7 a	79,0 n.n.
WE75/15	72,2 b	92,2 a	67,9 a	82,4 n.n.	73,9 a	75,8 n.n.
E15	51,4 c	63,5 b	66,4 a	73,7 n.n.	72,2 a	51,9 n.n.
E30	48,8 c	62,9 b	74,0 a	77,8 n.n.	68,8 a	50,8 n.n.

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Werten eines Standortes und Jahres, Tukey-Test, $\alpha = 0,05$; n.n. = nicht normalverteilt; [#]Scheffé-Test

Der Anteil fixiertem Stickstoffes im Gesamtspross der Leguminosen (Korn + Stroh) zur Endernte war in den Gemengen stets höher als in Reinsaat (Tab. 40). Mit im Mittel aller Gemenge wurden bei der Ackerbohne mit 87,4, 97,8, 89,2, 91,7, 84,9 und 89,5 % höhere Werte ermittelt als im Mittel der Reinsaat mit 73,8, 83,7, 84,3, 85,5, 78,8 und 72,0 % (jeweils Werte von den Standorten Reinshof, Stöckendrebber und Deppoldshausen der Jahre 2004 und 2005). Signifikante Unterschiede ergaben sich hierbei am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005: Die Ndfa-Werte im Spross der Ackerbohne aus der Variante WA15 und WA30/30 lagen mit im Mittel 92,4 und 91,9 % über den Werten aus der Reinsaatvariante A30 mit im Mittel 84,5 %. Im Jahr 2004 unterschieden sich am Standort Reinshof die Varianten WA15 und WA30/30 mit einem Anteil Stickstoff aus der Luft im Spross mit im Mittel 93,4 und 87,2 % von den Reinsaatvarianten A15 und A30 mit im Mittel 76,3 und 71,2 % signifikant. Im Jahr 2005 am Standort Deppoldshausen unterschieden sich mit im Mittel 91,2, 88,9 und 88,3 % die Varianten WA15, WA30/30 und WA75/15 signifikant von der Reinsaatvariante A15 mit im Mittel 67,7 %. Mit im Mittel aller Gemenge wurden bei der Erbse mit 85,8, 97,4, 65,9, 89,2, 75,3 und 90,9 % höhere Ndfa-Werte als

im Mittel der Reinsaat mit 56,8, 75,6, 64,2, 79,9, 74,3 und 59,0 % festgestellt (jeweils Werte von den Standorten Reinshof, Stöckendrebber und Deppoldshausen der Jahre 2004 und 2005). Am Standort Reinshof unterschieden sich jeweils in den Jahren 2004 und 2005 alle Gemengevarianten signifikant von den Ndfa-Werten der Erbse aus den Reinsaatvarianten (Tab. 40).

Tab. 40: Anteil Stickstoff aus der Luft (Ndfa) [%] im Spross (Korn + Stroh) der Leguminosen zur dritten Beerntung an drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005, a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Reinshof		Stöckendrebber		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	93,4 a	97,4 n.n.	87,4 n.n.	92,4 a	86,0 n.n.	91,2 a
WA30/30	87,2 ab	98,7 n.n.	90,7 n.n.	91,9 a	84,0 n.n.	88,9 a
WA75/15	81,6 bc	97,2 n.n.	89,6 n.n.	90,8 ab	84,6 n.n.	88,3 a
A15	76,3 c	83,0 n.n.	84,7 n.n.	86,4 ab	80,0 n.n.	67,7 b
A30	71,2 c	84,3 n.n.	83,9 n.n.	84,5 b	77,5 n.n.	76,2 ab
b) ↓						
WE15	93,0 a	98,5 a	65,7 a	91,1 n.n.	76,7 a	98,7 n.n.
WE30/30	87,3 ab	98,3 a	72,5 a	89,8 n.n.	73,4 a	90,4 n.n.
WE75/15	77,1 b	95,5 a	59,5 a	86,8 n.n.	75,9 a	83,7 n.n.
E15	57,4 c	75,1 b	62,1 a	78,6 n.n.	75,5 a	60,1 n.n.
E30	56,1 c	76,0 b	66,3 a	81,2 n.n.	73,0 a	57,8 n.n.

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Werten eines Standortes und Jahres, Tukey-Test, $\alpha = 0,05$; n.n. = nicht normalverteilt

N-Transfer

Der von der Leguminose symbiotisch fixierte Stickstoff kann schon während der Vegetationszeit im Gemenge über verschiedene Wege an eine Nichtleguminose transferiert werden (N-Transfer). Im Jahr 2004 konnte am Standort Stöckendrebber aufgrund der Anwendung der Differenzmethode kein N-Transfer berechnet werden. Für alle anderen Standorte und Jahre ergaben sich geringe Mengen an transferiertem Stickstoff im Weizen. Dabei konnte nicht für jede Parzelle ein Wert ermittelt werden, da kein entsprechendes isotopisches Signal vorlag (^{15}N -Anreicherung im Weizen aus Gemengesaat \geq ^{15}N -Anreicherung im Weizen aus Reinsaat), so dass zum Teil nur Einzelwerte dargestellt werden können (Tab 40 und 41).

Im Gemenge mit der Ackerbohne wurden im Gesamtspross des Weizen (Korn + Stroh) zur Ernte zwischen 0,01 (Variante WA30/30, Standort Deppoldshausen im Jahr 2004) und 10,2 kg N ha⁻¹ (Variante WA30/30, Standort Reinshof im Jahr 2004) berechnet. Bei der Erbse waren zwischen 0,18 (Variante WE30/30, Standort Deppoldshausen im Jahr 2004)

und 15,3 (WE15, Standort Reinshof im Jahr 2005) kg N ha⁻¹ in Korn und Stroh des Weizens zu finden (Tab. 41).

Tab. 41: Transferierte N-Menge [kg N ha⁻¹] im Spross (Korn + Stroh) des Weizens zur dritten Beerntung an drei Standorten in den Jahren 2004 und 2005, a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Reinshof		Stöckendrebber		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	7,4 a [#]	0,0 e.	n.e.	2,0 e.	1,7 e.	3,4 e.
WA30/30	10,2 a	0,8 e.	n.e.	1,2 e.	0,01 e.	1,7 e.
WA75/15	2,8 a	0,4 e.	n.e.	3,8 e.	0,4 e.	3,0 e.
b) ↓						
WE15	12,7 a [#]	15,3 e.	n.e.	4,4 a [#]	2,4 e.	11,1 a [#]
WE30/30	13,1 a	9,9 e.	n.e.	3,7 a	0,18 e.	4,4 a
WE75/15	3,8 a	10,1 e.	n.e.	5,4 a	0,5 e.	3,1 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Werten eines Standortes und Jahres, Tukey-Test, $\alpha = 0,05$; n.e. = nicht ermittelbar; e. = ermittelt aus Einzelwerten aller vier Wiederholungen, wobei bis zu drei Wiederholungen gleich Null sein können; [#]Scheffé-Test

Bezogen auf die gesamte N-Menge im Spross des Weizens ergaben sich Anteile aus dem Transfer stammenden Stickstoffs in Höhe von 0,4 % (Variante WA30/30, Deppoldshausen im Jahr 2004) bis 55,0 % (Variante WA15, Deppoldshausen im Jahr 2004). Diese Werte traten waren in den Gemengen mit der Ackerbohne zu verzeichnen. In den Gemengen mit der Erbse konnten Anteile in Höhe von 10,4 % (Variante WE30/30, Stöckendrebber im Jahr 2004) und 36,6 % (Variante WE15, Deppoldshausen im Jahr 2005) an transferiertem symbiotisch fixierten Stickstoffs im Spross des Weizens ermittelt werden (Tab. 42).

Tab. 42: Anteil transferierter Stickstoff im Spross (Korn + Stroh) des Weizen [%] an drei Standorten im Jahr 2004 und 2005 zur dritten Beerntung, a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Reinshof		Stöckendrebber		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	12,4 a [#]	0,0 e.	n.e.	5,3 e.	55,0 e.	13,3 e.
WA30/30	21,8 a	2,1 e.	n.e.	2,8 e.	0,4 e.	10,5 e.
WA75/15	15,1 a	1,1 e.	n.e.	11,1 e.	14,0 e.	18,3 e.
b) ↓						
WE15	16,8 a [#]	28,2 e.	n.e.	12,0 a [#]	22,0 e.	36,6 a [#]
WE30/30	21,1 a	20,0 e.	n.e.	10,4 a	18,1 e.	14,4 a
WE75/15	14,6 a	14,4 e.	n.e.	15,8 a	27,2 e.	18,3 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Werten eines Standortes und Jahres, Tukey-Test, $\alpha = 0,05$; n.e. = nicht ermittelbar; e. = ermittelt aus Einzelwerten aller vier Wiederholungen, wobei bis zu drei Wiederholungen gleich Null sein können; [#]Scheffé-Test

N-Flächenbilanzsaldo

Die Weizenreinsaaten hinterließen stets negative N-Flächenbilanzsalden, da in diesen Varianten der Stickstoff mit dem Korn abgefahren wurde und kein zusätzlicher N-Eintrag über Düngung oder symbiotische N₂-Fixierung stattfand. Bei den Gemengen und den Leguminosenreinsaaten wurden sowohl negative als auch positive N-Flächenbilanzsalden ermittelt (Abb. 27 und 28). Am Standort Reinshof wurden im Jahr 2004 in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten mit im Mittel -62,3 und -74,4 kg N ha⁻¹ stark negative N-Flächenbilanzen ermittelt. Die Gemenge mit Erbse erzielten einen Saldo von im Mittel -34,9 kg N ha⁻¹ und die Gemenge mit Ackerbohne -0,9 kg N ha⁻¹. Die höchsten N-Salden am Standort Reinshof hinterließen im Jahr 2004 die Ackerbohnen- bzw. Erbsenreinsaaten mit im Mittel +6,5 und 0,0 kg N ha⁻¹. Am Standort Stöckendrebber ergibt sich im Jahr 2004 eine andere Reihenfolge. So wurden in der Gemenge mit der Erbse der geringste N-Saldo aller Varianten mit im Mittel -36,5 kg N ha⁻¹ gemessen. Die 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten sowie die Gemenge mit Ackerbohne führten zu geringeren N-Bilanzsalden mit im Mittel -26,9, -27,5 und -25,8 kg N ha⁻¹. Die höchsten N-Bilanzsalden wurden im Jahr 2004 am Standort Stöckendrebber durch die Reinsaaten der Ackerbohne bzw. Erbse mit im Mittel -15,1 und -1,1 kg N ha⁻¹ festgestellt. Am Standort Deppoldshausen trat im Jahr 2004 der niedrigste N-Saldo mit im Mittel -28,2 kg N ha⁻¹ in den 100 % Reinsaaten auf. Ebenfalls negative N-Bilanzsalden hinterließen die 20 % Reinsaaten, die Gemenge mit Erbse sowie die Erbsenreinsaaten mit im Mittel -4,9, -13,61 und -5,8 kg N ha⁻¹. Im Mittel positive N-Bilanzen erbrachten am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004 die Gemenge mit Ackerbohne sowie die Reinsaaten der Ackerbohne mit im Mittel 3,7 und 11,4 kg N ha⁻¹ (Abb. 29).

Die N-Bilanzsalden der Bestände am Standort Reinshof im Jahr 2005 fielen wiederum in den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten des Weizens mit im Mittel -43,7 und -49,4 kg N ha⁻¹ deutlich negativ aus. Die Gemenge mit Erbse führten ebenfalls zu einem negativen N-Saldo von im Mittel -36,3 kg N ha⁻¹. Positive N-Bilanzsalden hinterließen die Gemenge mit der Ackerbohne sowie die Reinsaaten der Ackerbohne und Erbse mit im Mittel +44,0, +46,7 und +18,0 kg N ha⁻¹. Am Standort Stöckendrebber wurden im zweiten Versuchsjahr (2005) die niedrigsten N-Bilanzsalden in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten mit im Mittel -42,3 und -39,4 kg N ha⁻¹ registriert. Ferner führten die Gemenge mit Ackerbohne und Erbse sowie die Reinsaaten der Erbse ebenfalls zu negativen N-Bilanzsalden von im Mittel -11,2, -19,5 und -2,6 kg N ha⁻¹. Ein positives N-Bilanzsaldo ergab sich mit im Mittel +13,8 kg N ha⁻¹ bei den Reinsaaten der Ackerbohne. Am Standort Deppoldshausen lagen

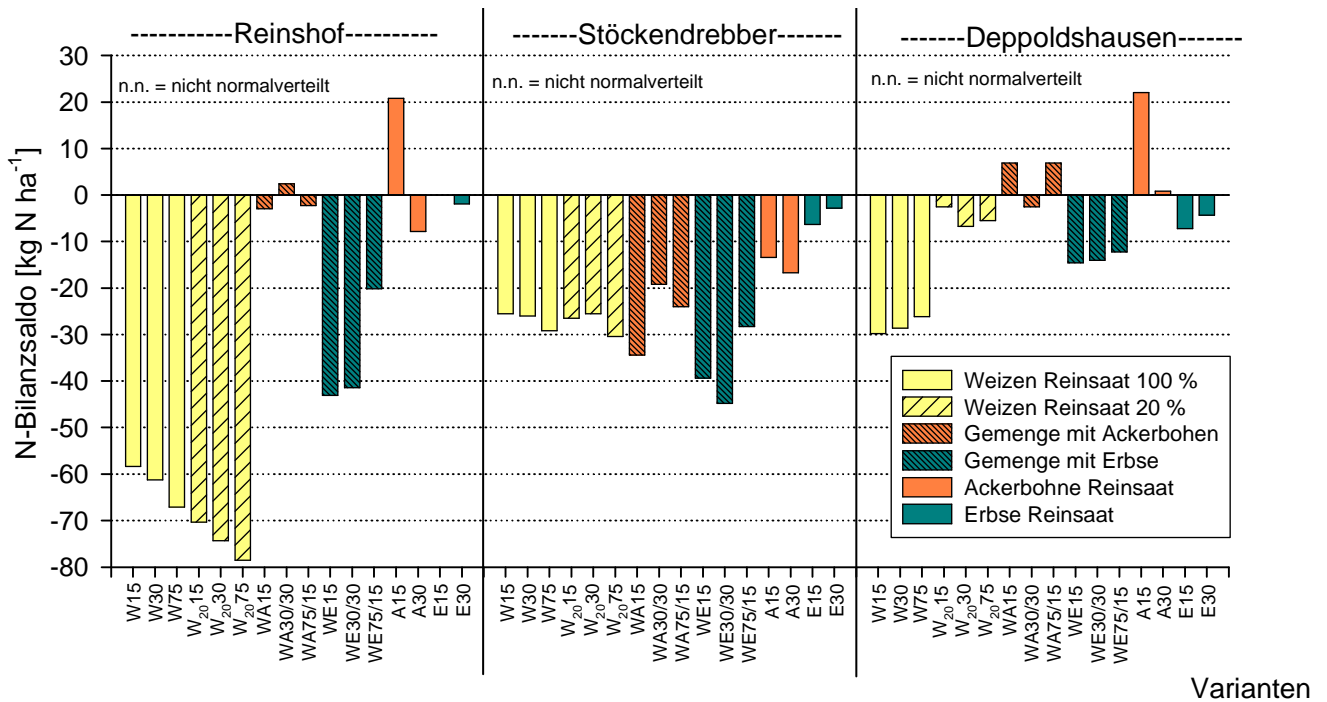


Abb. 29: N-Bilanzsaldo der Bestände an drei Standorten im Jahr 2004

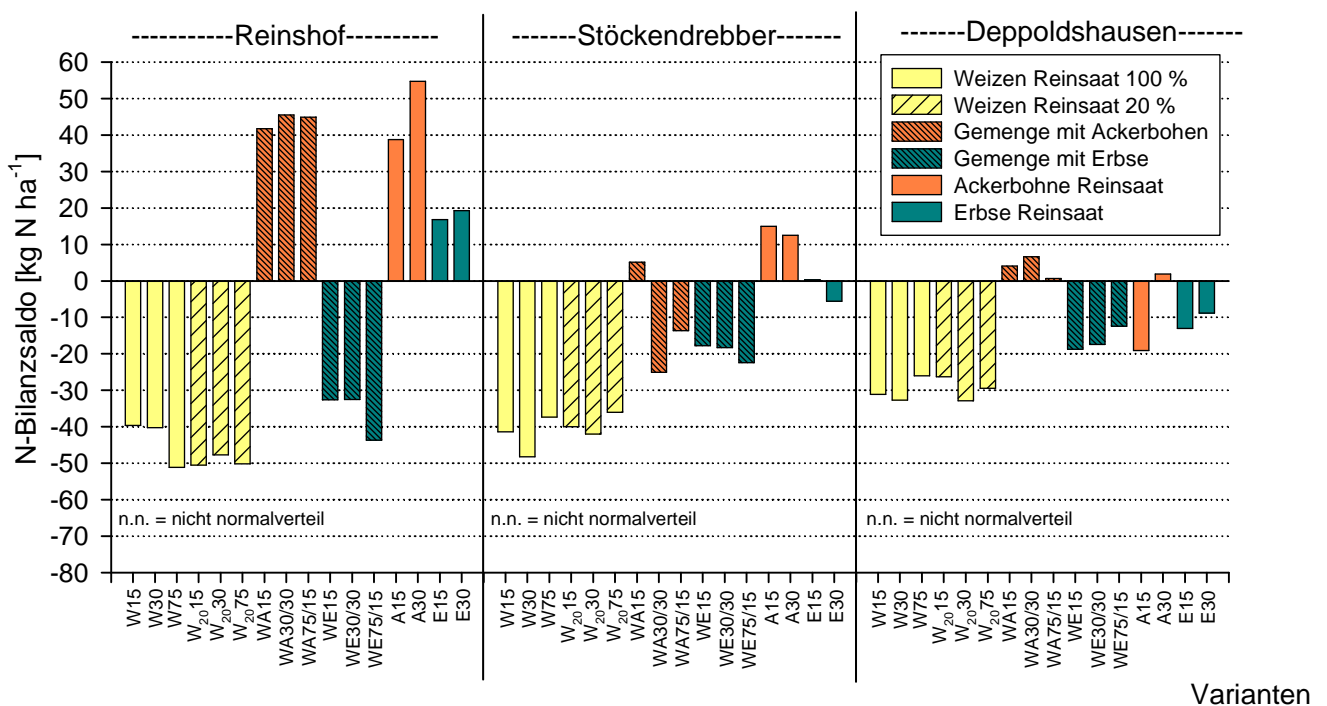


Abb. 30: N-Bilanzsaldo der Bestände an drei Standorten im Jahr 2005

im Jahr 2005 die negativen N-Bilanzsalde der 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten bei einem Mittel von $-30,0$ und $-29,5 \text{ kg N ha}^{-1}$. Darüber hinaus hinterließen die Gemenge mit der Erbse sowie die Reinsaaten der Ackerbohne und Erbse negative N-Salden von im Mittel $-16,2$, $-8,6$ und $-11,0 \text{ kg N ha}^{-1}$. Mit im Mittel $+3,8 \text{ kg N ha}^{-1}$ wurde am Standort Dep-poldshausen im Jahr 2005 ein positiver N-Bilanzsaldo für die Ackerbohnen-gemenge bestimmt (Abb. 30).

3.7 Deckungsbeiträge

Beispiele für die Berechnung der Deckungsbeiträge sind in den Tabellen 43 für eine Weizenreinsaat, Tabelle 44 für ein Gemenge und Tabelle 45 für eine Reinsaat einer Leguminose, angebaut am Standort Reinshof im Jahr 2004, aufgeführt.

Bei der Weizenreinsaat wurden $40,9 \text{ dt ha}^{-1}$ gereinigtes Korngut zu einem Preis von $25,00 \text{ € dt}^{-1}$ (Proteingehalt $< 11,5 \%$) als Leistung angesetzt (Summe $1.022,58 \text{ € ha}^{-1}$). Als sonstige Leistungen gingen die Flächenausgleichszahlungen in Höhe von $203,00 \text{ € ha}^{-1}$ sowie die Beibehaltungsförderung in Höhe von $137,00 \text{ € ha}^{-1}$ ein. Die Gesamtleistungen erreichten somit eine Höhe von $1.362,58 \text{ € ha}^{-1}$. Neben den nicht proportionalen Kosten (Saatgut, Dünger) wurde für die Reinsaat des Weizens nur eine Reinigungsmaßnahme mit Kosten in Höhe von $5,00 \text{ € dt}^{-1}$ angenommen (Summe $204,52 \text{ € dt}^{-1}$). Trocknungs-, Lager- oder Ausputzverluste konnten nicht bestimmt werden. Darüber hinaus ergab sich eine geringe Summe für eine Hagelversicherung, welche sich auf die Versicherungssumme (Gesamtleistung) bezieht, sowie für den Zinsansatz des Feldinventars. Die Summe der Direktkosten wurde mit $341,35 \text{ € ha}^{-1}$ ermittelt. Bei den Arbeitsgängen wurden das Pflügen, die Aussaat, das Striegeln und das Hacken als eigene Arbeiten unterstellt. Für den Mähdrusch wurden Fremdarbeitskräfte und Fremdmaschinen eingeplant. Am Standort Reinshof kostete somit das Pflügen im Jahr 2004 $98,68 \text{ € ha}^{-1}$, die Aussaat $63,02 \text{ € ha}^{-1}$ und das zweimalige Striegeln in der Weizenreinsaatvariante $29,90 \text{ € ha}^{-1}$. Der Mähdrusch des Getreides bis zu 4 t ha^{-1} wurde am Standort Reinshof mit $94,89 \text{ € ha}^{-1}$ berechnet. Es ergaben sich in der Summe $286,49 \text{ € ha}^{-1}$ für die durchgeführten Arbeitsgänge. Subtrahiert man die Direktkosten von den Gesamtleistungen erhält man die Direktkostenfreie Leistung (DfL) in Höhe von $1.021,23 \text{ € ha}^{-1}$. Diese DfL kann ohne die sonstigen Leistungen (Förderungen) angegeben werden: $681,23 \text{ € ha}^{-1}$. Der Deckungsbeitrag (DB = Gesamtleistung – (Direktkosten + Akh/Maschinenkosten)) beläuft sich in dieser Variante auf $+734,74 \text{ € ha}^{-1}$. Ohne Berücksichtigung der sonstigen Leistungen fiel der DB mit $394,74 \text{ € ha}^{-1}$ deutlich geringer aus. Je eigene Arbeitskraft wurden ein DB von $231,05 \text{ € ha}^{-1}$ bestimmt (Tab. 43).

Bei den Gemengen werden die Leistungen durch den Verkauf beider Arten nach der Trennung erzielt. Im Beispiel der Variante WA30/30 (alternierende Reihen), angebaut am Standort Reinshof im Jahr 2004, wurden für den Weizen $18,49 \text{ dt ha}^{-1}$ gereinigtes Korngut zu einem Preis von $27,00 \text{ € dt}^{-1}$ (Proteingehalt $> 11,5 \%$) und für die Ackerbohne $43,63 \text{ dt}$

ha⁻¹ gereinigtes Korngut zu einem Preis von 24,00 € dt⁻¹ ermittelt. Zuzüglich der sonstigen Leistungen betrug die Gesamtleistung dieses Gemenges 1.886,51 € ha⁻¹ (Tab. 44).

Tab. 43: Beispielrechnung für die Berechnung des Deckungsbeitrages der Weizenreinsaat W15 am Standort Reinshof im Jahr 2004

Leistungen	Art der Leistung	Bemerkung	Menge [dt ha ⁻¹]	Preis [€ dt ⁻¹]	Menge x Preis [€ ha ⁻¹]			
	Verkauf der Marktware	lose auf Anhänger, frei Mühle	40,9	25,00	1.022,58			
	sonstige Leistungen	Ausgleichszahlungen für Getreide Bundesschnitt 2003/04			203,00			
		NAU-Programm Maßnahme C, Beibehaltung			137,00			
	Gesamtleistungen				1.362,58			
Direktkosten	Art der Kosten	Bemerkung	Menge [dt ha ⁻¹]	Preis [€ dt ⁻¹]	Menge x Preis [€ ha ⁻¹]			
	nicht proportional							
	Saatgut	Öko-Z-Saatgut	1,3	54,00	70,58			
	Dünger	Anteil Erhaltungskalkung alle 3 Jahre	30,0	5,00	50,00			
	proportional							
	Reinigung		40,9	5,00	204,52			
	Trennung							
	Hagelversicherung	8,23 € je 1000,00 € Versicherungssumme				11,21		
	Zinsansatz Feldinventar	1,5 % von Direktkosten				5,04		
	Summe Direktkosten					341,35		
Arbeitsgänge, Akh-Bedarf und Maschinenkosten	Arbeitsgänge und verwendete Maschinen		Zeitspanne Akh pro ha				Maschinenkosten [€ ha ⁻¹]	
	eigene		FB	HH	GH	HE	SH	
	Pflügen (Anbaudrehpflug, 4 Schare, 1,40 m, 83 kW, Packer)					1,7		98,68
	Aussaat (Kreiselegge/Sämaschine 2,50 m, 83 kW, 180 kg/ha)					1,1		63,02
	2 x Striegeln Hacken		0,2	0,2				29,90
	fremde							
	Mähdrusch 4,5 m, 125 kW, Weizen				0,9			94,89
Summe Akh und Maschinenkosten		0,2	0,2	0,9	2,7		286,49	
Ergebnisse	Direktkostenfreie Leistung (DfL)			1.021,23		€ ha ⁻¹		
	DfL ohne sonstige Leistungen			681,23		€ ha ⁻¹		
	Deckungsbeitrag (DB)			734,74		€ ha⁻¹		
	DB ohne sonstige Leistungen			394,74		€ ha ⁻¹		
	Arbeitskraftstunden eigen gesamt			3,2		Akh ha ⁻¹		
	Arbeitskraftstunden fremd gesamt			0,9		Akh ha ⁻¹		
	DB pro Akh eigen			231,05		€ ha ⁻¹		

Tab. 44: Beispielrechnung für die Berechnung des Deckungsbeitrages des Gemenges WA30/30 am Standort Reinshof im Jahr 2004

Leistungen	Art der Leistung	Bemerkung	Menge [dt ha ⁻¹]	Preis [€ dt ⁻¹]	Menge x Preis [€ ha ⁻¹]			
	Verkauf der Marktware	lose auf Anhänger, frei Mühle, Weizen	18,49	27,00	499,32			
		Ackerbohne	43,63	24,00	1.047,20			
	sonstige Leistungen	Ausgleichzahlungen für Getreide Bundesschnitt 2003/04			203,00			
		NAU-Programm Maßnahme C, Beibehaltung			137,00			
	Gesamtleistungen				1.886,51			
Direktkosten	Art der Kosten	Bemerkung	Menge [dt ha ⁻¹]	Preis [€ dt ⁻¹]	Menge x Preis [€ ha ⁻¹]			
	nicht proportional							
	Saatgut	Öko-Z-Saatgut, Weizen	0,3	54,00	14,09			
		Ackerbohne	1,2	70,00	85,75			
	Dünger	Anteil Erhaltungskalkung alle 3 Jahre	30,0	5,00	50,00			
	proportional							
	Reinigung		62,12	5,00	310,63			
	Trennung		62,12	2,00	124,25			
	Hagelversicherung	8,23 € je 1000,00 € Versicherungssumme				15,53		
	Zinsansatz Feldinventar	1,5 % von Direktkosten				9,00		
	Summe Direktkosten					609,26		
Arbeitsgänge, Akh-Bedarf und Maschinenkosten	Arbeitsgänge und verwendete Maschinen		Zeitspanne Akh pro ha				Maschinenkosten [€ ha ⁻¹]	
	eigene		FB	HH	GH	HE	SH	
	Pflügen (Anbaudrehpflug, 4 Schare, 1,40 m, 83 kW, Packer)					1,7		98,68
	Aussaat (Kreislegge/Sämaschine 2,50 m, 83 kW, 180 kg/ha)					1,1		63,02
	2 x Striegeln	0,2						14,95
	Hacken							
	fremde							
Mähdrusch 4,5 m, 125 kW, Ackerbohne				1,1			117,54	
Summe Akh und Maschinenkosten	0,2		1,1	2,7			294,19	
Ergebnisse	Direktkostenfreie Leistung (DfL)			1.277,26	€ ha ⁻¹			
	DfL ohne sonstige Leistungen			937,26	€ ha ⁻¹			
	Deckungsbeitrag (DB)			983,07	€ ha⁻¹			
	DB ohne sonstige Leistungen			643,07	€ ha ⁻¹			
	Arbeitskraftstunden eigen gesamt			3,0	Akh ha ⁻¹			
	Arbeitskraftstunden fremd gesamt			1,1	Akh ha ⁻¹			
	DB pro Akh eigen			332,12	€ ha ⁻¹			

Das Saatgut des Weizens im Gemenge ist deutlich günstiger als in Reinsaat, da hier nur 26 kg ha⁻¹ benötigt wurden. Allerdings kommt das Saatgut für die Ackerbohne hinzu, welches mit 70 € dt⁻¹ teurer als Weizen-Öko-Z-Saatgut ist. Bei den proportionalen Direktkosten muss im Gemenge die Trennung der Arten zusätzlich bei der Reinigung mit 2,00 € dt⁻¹ berücksichtigt werden. Die Direktkosten des Gemenges sind daher in der Summe mit 609,26 € ha⁻¹ höher als bei der Weizenreinsaat. Die Arbeits- und Maschinenkosten im Gemenge sind aufgrund der höheren Druschkosten mit 294,19 € ha⁻¹ geringfügig höher als bei der Weizenreinsaat. In diesem Gemenge ergab sich ein Deckungsbeitrag von 983,07 € ha⁻¹, welcher deutlich über dem Deckungsbeitrag der Weizenreinsaat lag (Tab. 44).

Die Erbse erzielte in Reinsaat mit 15,04 dt ha⁻¹ sehr geringe Erträge. Es wurde ebenfalls wie bei der Ackerbohne unterstellt, dass sich die Winterformen der Körnerleguminosen zu dem gleichen Preis von 24,00 € dt⁻¹ wie die Sommerformen vermarktet werden können. Die Gesamtleistungen der Erbsenreinsaat wurden auf 700,93 € ha⁻¹ errechnet. Die Direktkosten der Erbsenreinsaat ermitteln sich ähnlich wie bei der Weizenreinsaat mit Ausnahme des höheren Saatgutpreises für die Erbse. Die Summe der Direktkosten belief sich auf 252,08 € ha⁻¹. Für den Mähdrusch der Erbse wurde ein relativ hoher Preis angegeben, so dass für die Summe der Arbeits- und Maschinenkosten 344,60 € ha⁻¹ berechnet wurden. Der Deckungsbeitrag der Erbsenreinsaat lag bei +104,25 € ha⁻¹. Ohne die sonstigen Leistungen ergab sich ein negativer Deckungsbeitrag in Höhe von -235,75 € ha⁻¹ (Tab. 45).

Am Standort Reinshof resultierte im Jahr 2004 der höchste Deckungsbeitrag mit im Mittel +964,73 € ha⁻¹ durch einen Anbau eines Gemenges mit der Ackerbohne, wobei die Variante WA30/30 (alternierende Reihen) mit +983,07 € ha⁻¹ den höchsten Deckungsbeitrag erbrachte (Abb. 31). Mit im Mittel +853,13 und +763,95 € ha⁻¹ erzielten die 20 % sowie die 100 % Reinsaaten ebenfalls hohe Deckungsbeiträge. Es folgten die Reinsaaten der Ackerbohne und die Gemenge mit der Erbse mit im Mittel +661,81 und +565,02 € ha⁻¹. Die geringsten Deckungsbeiträge wurden bei den Reinsaaten der Erbse mit im Mittel +126,51 € ha⁻¹ ermittelt (Standort Reinshof Jahr 2004). Am Standort Stöckendrebber wurden für die Ernten des Jahres 2004 die höchsten Deckungsbeiträge in den Gemengen mit Erbse sowie Ackerbohne und bei den Reinsaaten der Erbse mit im Mittel +363,41, +335,77 und +328,03 € ha⁻¹ festgestellt. Die Mischsaat mit Erbse (WE15) wies mit +401,92 € ha⁻¹ den höchsten Deckungsbeitrag aller Bestände auf. Im Mittel +273,47 € ha⁻¹ Deckungsbeitrag erzielten die Reinsaaten der Ackerbohne. Deutlich geringere Deckungsbeiträge wurden

am Standort Stöckendrebber für die 20 % sowie 100 % Reinsaat des Weizens mit im Mittel +176,89 und +113,27 € bestimmt (Abb. 31).

Tab. 45: Beispielrechnung für die Berechnung des Deckungsbeitrages der Reinsaat der Erbsen (Variante E15) am Standort Reinshof im Jahr 2004

Leistungen	Art der Leistung	Bemerkung	Menge [dt ha ⁻¹]	Preis [€ dt ⁻¹]	Menge x Preis [€ ha ⁻¹]		
	Verkauf der Marktware	lose auf Anhänger, frei Mühle	15,04	24,00	360,93		
	sonstige Leistungen	Ausgleichszahlungen für Getreide Bundesschnitt 2003/04			203,00		
		NAU-Programm Maßnahme C, Beibehaltung			137,00		
	Gesamtleistungen				700,93		
Direktkosten	Art der Kosten	Bemerkung	Menge [dt ha ⁻¹]	Preis [€ dt ⁻¹]	Menge x Preis [€ ha ⁻¹]		
	nicht proportional						
	Saatgut	Öko-Z-Saatgut	1,8	65,00	117,39		
	Dünger	Anteil Erhaltungskalkung alle 3 Jahre	30,0	5,00	50,00		
	proportional						
	Reinigung		15,04	5,00	75,19		
	Trennung						
	Hagelversicherung	8,23 € je 1000,00 € Versicherungssumme				5,77	
	Zinsansatz Feldinventar	1,5 % von Direktkosten				3,73	
	Summe Direktkosten					252,08	
Arbeitsgänge, Akh-Bedarf und Maschinenkosten	Arbeitsgänge und verwendete Maschinen	Zeitspanne Akh pro ha					Maschinenkosten [€ ha ⁻¹]
	eigene	FB	HH	GH	HE	SH	
	Pflügen (Anbaudrehpflug, 4 Schare, 1,40 m, 83 kW, Packer)				1,7		98,68
	Aussaat (Kreiselegge/Sämaschine 2,50 m, 83 kW, 180 kg/ha)				1,1		63,02
	2 x Striegeln	0,4					29,90
	Hacken						
	fremde						
Mähdrusch 4,5 m, 125 kW, Erbse			1,5			153,00	
Summe Akh und Maschinenkosten	0,4		1,5	2,7		286,49	
Ergebnisse	Direktkostenfreie Leistung (DfL)			448,85	€ ha ⁻¹		
	DfL ohne sonstige Leistungen			108,85	€ ha ⁻¹		
	Deckungsbeitrag (DB)			104,25	€ ha⁻¹		
	DB ohne sonstige Leistungen			-235,75	€ ha ⁻¹		
	Arbeitskraftstunden eigen gesamt			3,2	Akh ha ⁻¹		
	Arbeitskraftstunden fremd gesamt			1,5	Akh ha ⁻¹		
	DB pro Akh eigen			32,78	€ ha ⁻¹		

Am Standort Deppoldshausen wurde für das Jahr 2004 der höchste Deckungsbeitrag bei den Reinsaaten der Ackerbohne mit im Mittel $+393,53 \text{ € ha}^{-1}$ (beste Variante: A15 mit $+436,27 \text{ € ha}^{-1}$) gefolgt von den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse sowie den Reinsaaten der Erbse mit im Mittel $+283,08$, $+268,99$ und $+234,51 \text{ € ha}^{-1}$ errechnet. Die 100 % Weizenreinsaaten erzielten einen Deckungsbeitrag in Höhe von $+192,56 \text{ € ha}^{-1}$. Negative Deckungsbeiträge mit im Mittel $-55,15 \text{ € ha}^{-1}$ resultierten bei den 20 % Weizenreinsaaten (Abb. 31).

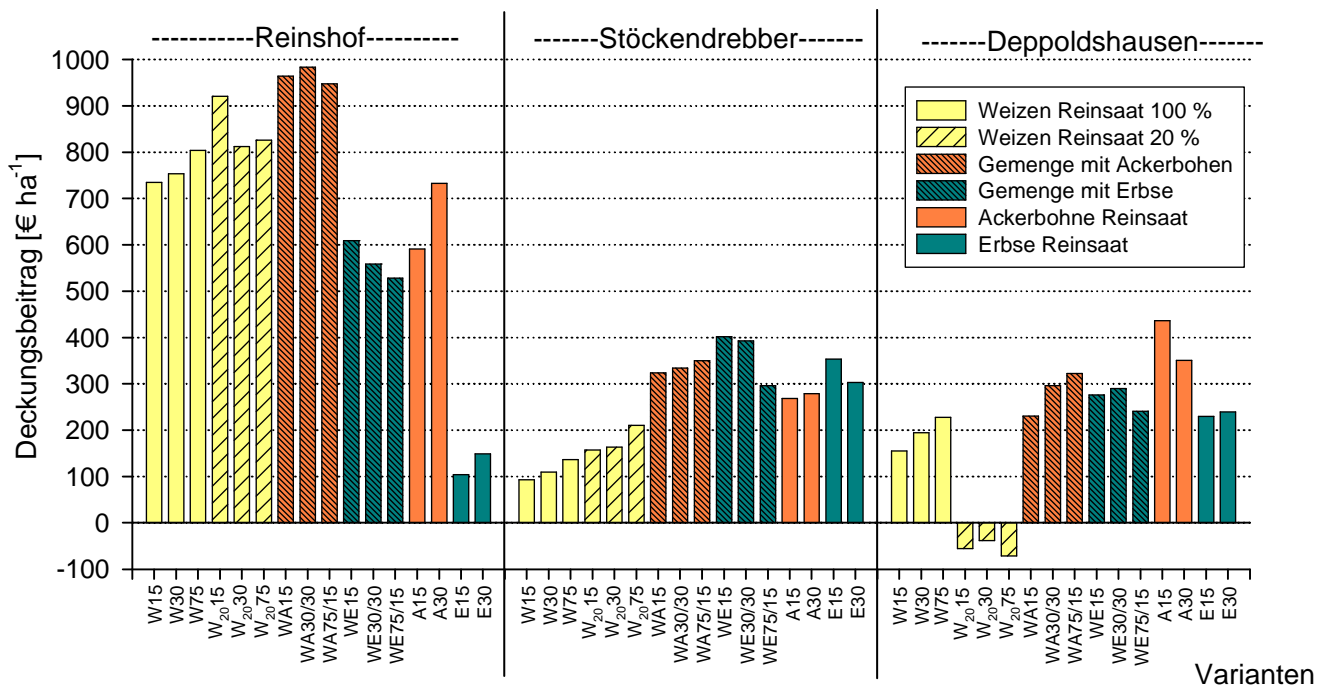


Abb. 31: Deckungsbeiträge der Bestände an drei Standorten des Hauptfruchtversuches im Jahr 2004

Am Standort Reinshof erzielten die Ackerbohnenreinsaaten im Jahr 2005 mit im Mittel $+717,15 \text{ € ha}^{-1}$ den höchsten Deckungsbeitrag aller Bestände mit der besten Variante A15 mit $+875,26 \text{ € ha}^{-1}$ (Abb. 32). Ebenfalls sehr hohe Deckungsbeiträge wurden bei den Ackerbohnenmengen und den 20 % Weizenreinsaaten mit im Mittel $+711,92$ und $+704,01 \text{ € ha}^{-1}$ bestimmt. Die 100 % Weizenreinsaaten erbrachten im Mittel einen Deckungsbeitrag von $+615,71 \text{ € ha}^{-1}$. Geringere Deckungsbeiträge wurden für die Gemenge mit Ebsen mit im Mittel $+468,28 \text{ € ha}^{-1}$ berechnet. Deutlich negativ waren am Standort Reinshof im Jahr 2005 die Deckungsbeiträge der Reinsaaten der Erbse mit im Mittel $-173,14 \text{ € ha}^{-1}$, da hier nahezu kein Korntrug gebildet wurde (Virusbefall). Die höchsten Deckungsbeiträge am Standort Stöckendrebber wurden im Jahr 2005 in den Gemengen mit Ackerbohne mit im Mittel $+630,15 \text{ € ha}^{-1}$ sowie einem Deckungsbeitrag von $+656,50 \text{ € ha}^{-1}$ der besten Variante WA30/30 (alternierende Reihen) ermittelt. Es folgten die Acker-

bohnenreinsaaten sowie die 20 % Weizenreinsaaten mit im Mittel +565,76 und +509,65 € ha⁻¹ Deckungsbeitrag. Deckungsbeiträge mit im Mittel von +498,12 und +477,81 € ha⁻¹ konnten bei den 100 % Weizenreinsaaten sowie den Gemengen mit der Erbse erreicht werden. Deutlich geringere Deckungsbeiträge wurden hier für die Erbsenreinsaaten mit im Mittel +60,68 € ha⁻¹ bestimmt. Am Standort Deppoldshausen wurden im Jahr 2005 die höchsten Deckungsbeiträge durch die Reinsaaten der Ackerbohne mit im Mittel +419,00 € ha⁻¹ ermittelt (beste Variante: A30 mit +470,23 € ha⁻¹). Ebenfalls sehr Deckungsbeiträge erzielten an diesen Standort die Gemenge mit der Ackerbohne mit im Mittel +388,13 € ha⁻¹. Die 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten erbrachten einen Deckungsbeitrag von im Mittel +288,18 und +231,46 € ha⁻¹. Darunter lagen die Gemenge mit Erbse mit im Mittel +182,24 € ha⁻¹. Es lohnte sich am Standort Reinshof im Jahr 2005 nicht Erbsen anzubauen. Gleiches galt bei einem mittleren Deckungsbeitrag von -14,46 € ha⁻¹ für den Anbau der Erbse in Reinsaat am Standort Deppoldshausen im Jahr 2005 (Abb. 32).

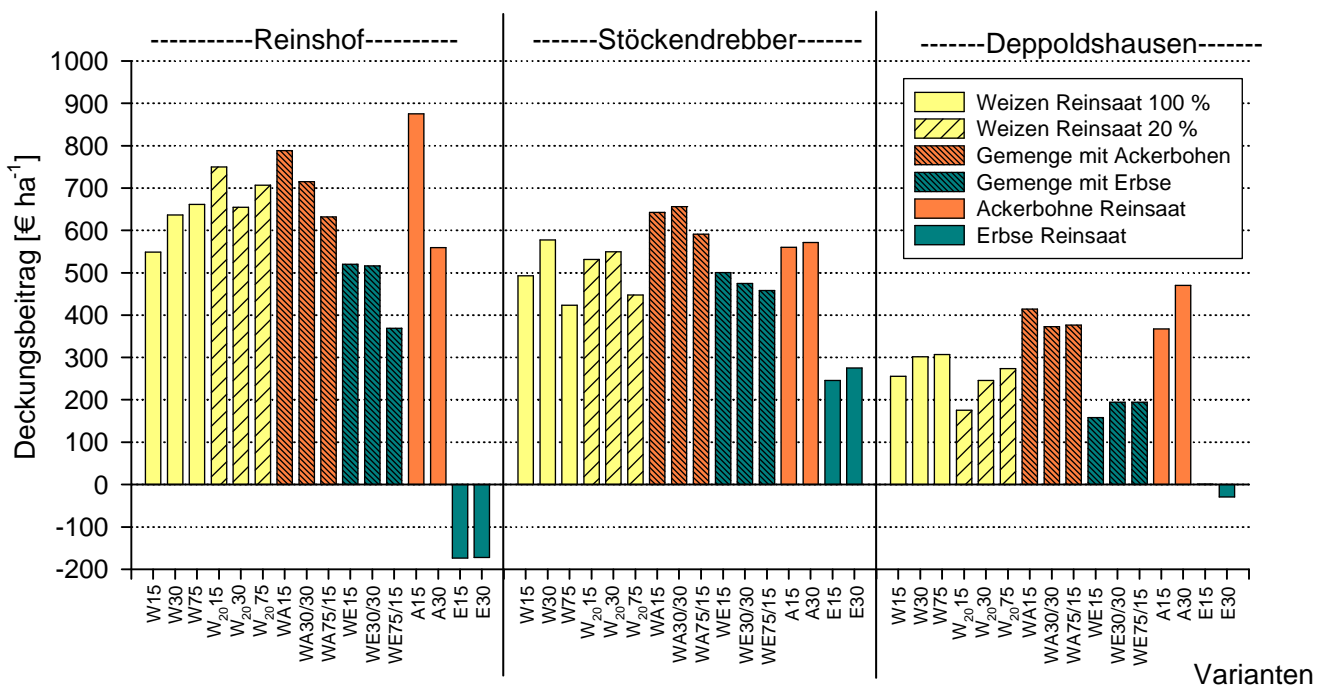


Abb. 32: Deckungsbeiträge der Bestände an drei Standorten des Hauptfruchtversuches im Jahr 2005

Unter Einbezug der Vorruchtwirkungen der unterschiedlichen Bestände resultierten folgende Gesamtdeckungsbeiträge für das Fruchtfolgepaar, welche sich aus der Summe des Deckungsbeitrages der jeweiligen Varianten des Hauptfruchtversuches und des Deckungsbeitrages des Winterroggens zusammensetzen (Abb. 33 und 34).

Am Standort Reinshof erzielten die Gemenge mit der Ackerbohne über die Fruchtfolge in den Jahren 2004/2005 den höchsten Gesamtdeckungsbeitrag von im Mittel +1.488,25 € ha⁻¹ mit der besten Gemengevariante WA75/15 (Reihen-Streifen-Gemenge) mit +1.527,34 € ha⁻¹. Ferner wurden für die 20 % Weizenreinsaaten sowie die Ackerbohnenreinsaaten mit im Mittel +1.276,78 und +1.219,35 € ha⁻¹ sehr hohe Gesamtdeckungsbeiträge in der Summe über zwei Früchte festgestellt. Geringere Gesamtdeckungsbeiträge wurden bei den Gemengen mit der Erbse sowie den 100 % Weizenreinsaaten mit im Mittel +1.130,57 und 1.126,03 € ha⁻¹ bestimmt. Die Erbsenreinsaaten lagen mit im Mittel +648,71 € ha⁻¹ Gesamtdeckungsbeitrag über zwei Früchte am Standort Reinshof (Periode 2004/2005) weit darunter (Abb. 33).

Am Standort Stöckendrebber wurden in der Periode 2004/2005 die höchsten Gesamtdeckungsbeiträge in der Summe der beiden Früchte in den Gemengen mit Erbse mit im Mittel +949,30 € ha⁻¹ erreicht. Hier war die Variante WE30/30 (alternierende Reihen) die beste Wahl mit einem Gesamtdeckungsbeitrag in Höhe von +1.013,16 € ha⁻¹. Es folgten die Gemenge mit der Ackerbohne sowie die Reinsaaten der Erbse- bzw. Ackerbohne mit im Mittel +879,62, +870,57 und +851,34 € ha⁻¹. Deutlich geringere Gesamtdeckungsbeiträge erzielten am Standort Stöckendrebber in der Periode 2004/2005 die 20 % bzw. 100 % Weizenreinsaaten mit im Mittel +620,87 und +495,66 € ha⁻¹ (Abb. 33).

Am Standort Deppoldshausen wurden in der Periode 2004/2005 für die Ackerbohnenreinsaaten mit im Mittel +965,08 € ha⁻¹ die höchsten Gesamtdeckungsbeiträge in der Summe der von Vor- und Nachfrucht erzielt. Dabei zeichnete sich die Variante A15 mit +1.040,96 € ha⁻¹ durch den höchsten Gesamtdeckungsbeitrag aus. Die Gemenge mit Erbse und die Erbsenreinsaaten erzielten ebenfalls gute Gesamtdeckungsbeiträge mit im Mittel +848,28 und +770,02 € ha⁻¹. Mit im Mittel +383,70 und +348,95 € ha⁻¹ lagen die Gemenge mit Ackerbohne sowie die 100 % Weizenreinsaaten deutlich darunter. Sehr niedrige Gesamtdeckungsbeiträge wurden am Standort Deppoldshausen in der Periode 2004/2005 mit im Mittel nur +69,63 € ha⁻¹ bei den 20 % Weizenreinsaaten erreicht (Abb. 33).

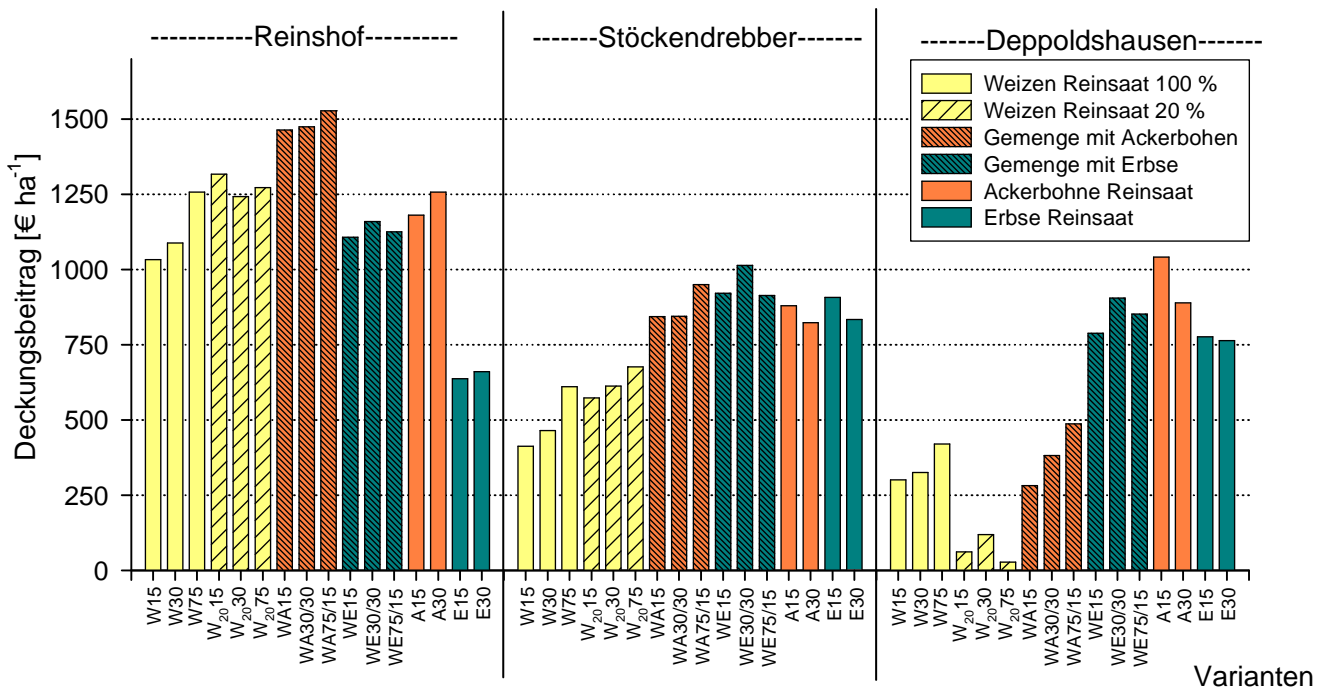


Abb. 33: Gesamtdeckungsbeitrag (Summe Deckungsbeitrag der Vor- und Nachfrucht) an drei Standorten in der Periode 2004/2005

Am Standort Reinshof wurden in der Periode 2005/2006 die höchsten Gesamtdeckungsbeiträge für Vor- und Nachfrucht bei den Ackerbohnenreinsaaten mit im Mittel +1.325,99 € ha⁻¹ erreicht, wobei die beste Variante die Reinsaat A15 mit +1.489,84 € ha⁻¹ war. Die Gemenge mit Ackerbohne und deren Nachfrucht erzielten mit im Mittel +1.229,54 € ha⁻¹ ebenfalls hohe Gesamtdeckungsbeiträge. Geringere Gesamtdeckungsbeiträge wurden bei der Folge 20 % bzw. 100 % Weizenreinsaaten und Winterroggen sowie den Gemengen mit Erbse und Winterroggen mit im Mittel +1.038,53, +892,68 und +876,35 € ha⁻¹ ermittelt. Der Fruchtfolgeabschnitt Erbsenreinsaaten gefolgt von Winterroggen erbrachte mit im Mittel +413,83 € ha⁻¹ deutlich geringere Gesamtdeckungsbeiträge. Am Standort Stöckendrebber wurden in der Periode 2005/2006 die höchsten Gesamtdeckungsbeiträge der Fruchtfolge mit im Mittel +1.155,01 € ha⁻¹ bei den Gemengen mit Ackerbohne und der Nachfrucht Winterroggen festgestellt. Die Reihen-Streifen-Gemenge gefolgt vom Winterroggen erzielten hier den besten Gesamtdeckungsbeitrag in Höhe von +1.173,31 € ha⁻¹. In der Reihenfolge der Vorfrüchte Ackerbohnenreinsaat (+1.124,51 € ha⁻¹), Gemenge mit Erbse (+1.044,86 € ha⁻¹), 20 % Weizenreinsaat (+933,91 € ha⁻¹), 100 % Weizenreinsaat (+860,46 € ha⁻¹) und Erbsenreinsaat (+783,60 € ha⁻¹) reduzierten sich entsprechend die mittleren Gesamtdeckungsbeiträge am Standort Stöckendrebber in der Periode 2005/2006. Am Standort Deppoldshausen waren in der Periode 2005/2006 die höchsten Gesamtdeckungsbeiträge der Vor- und Nachfrucht bei den Vorfrüchten Ackerbohne in

Reinsaat mit im Mittel $+962,59 \text{ € ha}^{-1}$ erreicht worden. Die ökonomisch vorzüglichste Variante war die Ackerbohnenreinsaat A30 mit $+980,55 \text{ € ha}^{-1}$. Ebenfalls hohe Gesamtdeckungsbeiträge wurden mit dem Anbau der Gemenge mit Erbse und Ackerbohne und der Nachfrucht Winterroggen mit im Mittel $+733,92$ und $+586,75 \text{ € ha}^{-1}$ erzielt. Vergleichsweise geringere Gesamtdeckungsbeiträge wurden am Standort Deppoldshausen in der Periode 2005/2006 mit den Vorfrüchten Erbsenreinsaaten sowie den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten mit im Mittel $+493,49$, $+467,10$ und $+398,20 \text{ € ha}^{-1}$ bestimmt (Abb. 34).

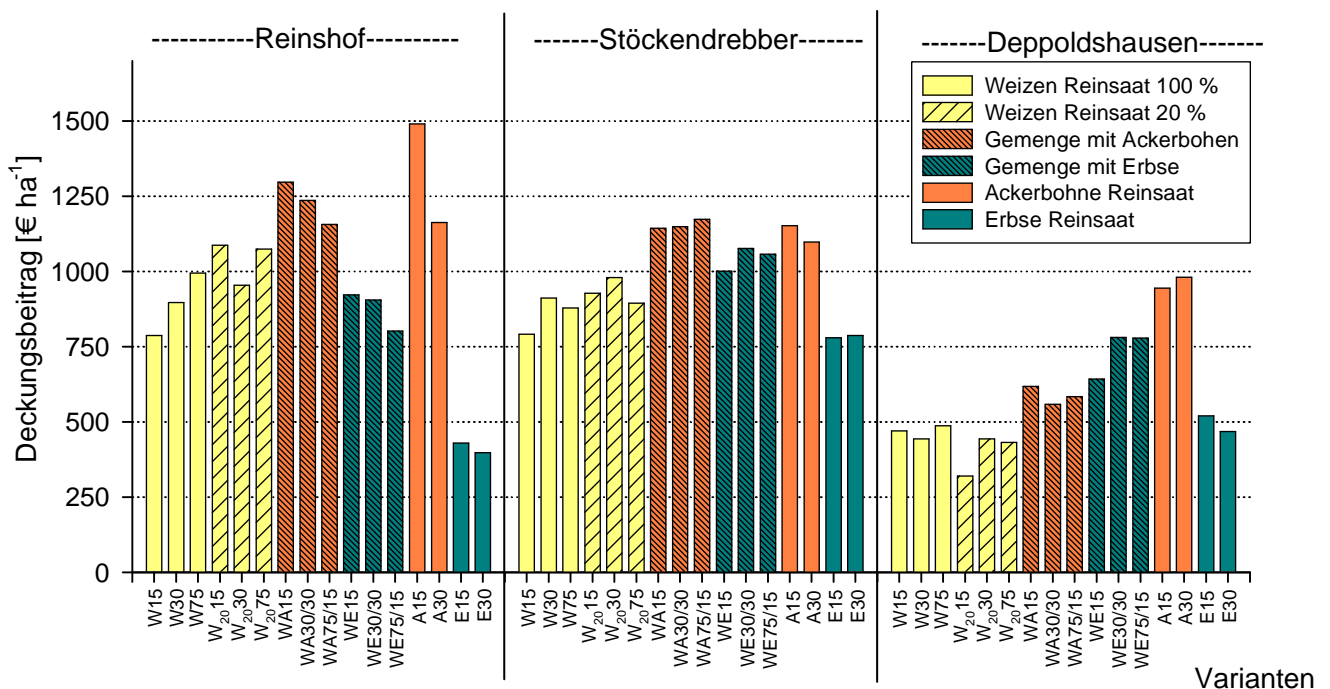


Abb. 34: Gesamtdeckungsbeitrag (Summe Deckungsbeitrag der Vor- und Nachfrucht) an drei Standorten in der Periode 2005/2006

3.8 Ökologische Leistungen der Gemenge

Abwehr von Schädlingen (Erbsenwickler)

Flugdynamik des Erbsenwicklers

Zur Bonitur des Erbsenwicklerzufluges wurden an allen Standorten jeweils zwei Pheromonlockstofffallen aufgestellt. Der Blühbeginn der Erbse erfolgte am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 am 10. Mai, am Standort Reinshof am 14. Mai und am Standort Deppoldshausen am 20. Mai. Da die Blüte der Wintererbse im Unterschied zu den Sommerformen sehr viel länger andauert, musste die Betreuung der Fallen bis Mitte Juli fortgesetzt werden. Leider verzögerte sich eine Nachbestellung des Duftstoffes (Dispenser, Wirkung ca. 4 Wochen), sodass die niedrigen Werte, die am 19. und 26. Juni 2004 ermit-

telt wurden (Abb. 35), auf ein Nachlassen des Wirkstoffes zurückzuführen waren. Am Standort Reinshof wurden im Jahr 2004 in der Summe 1.145 Falter gezählt. Der Zuflug war hier deutlich höher als am Standort Deppoldshausen (668 Falter) und am Standort Stöckendrebber (195 Falter). Am 03. Juli 2004 wurde der höchste Zuflug in einer Erfassungsperiode mit 399 Faltern am Standort Reinshof ermittelt (Abb. 35).

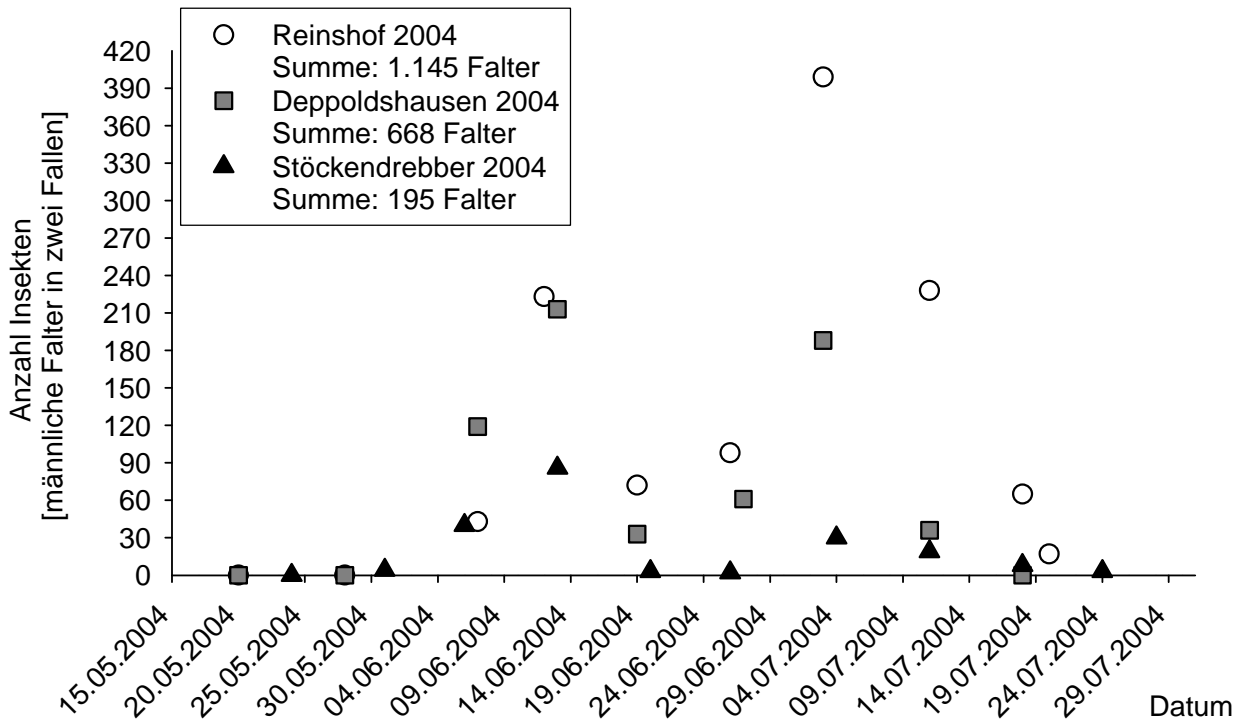


Abb. 35: Anzahl gefangener männlicher Falter des Erbsenwicklers in zwei Fallen an den Standorten Reinshof, Deppoldshausen und Stöckendrebber im Jahr 2004 (Neuzug, Summe beider Fallen)

Auf den Versuchsflächen des Standortes Reinshof sind in den Jahren vor Versuchsbeginn jedes Jahr Sommererbsen angebaut worden. Offenbar hat sich hier über die Jahre eine hohe Populationsdichte des Erbsenwicklers aufbauen können. Am Standort Deppoldshausen wurden in den Jahren davor ebenfalls Sommererbsen angebaut, hingegen wurde in Stöckendrebber weniger Erbsenanbau betrieben.

Am Standort Reinshof war der Zuflug des Erbsenwicklers im Jahr 2005 mit in der Summe 131 gezählten Faltern deutlich niedriger als im Jahr zuvor. Vermutlich begründet sich dies darin, dass sehr wenige Erbsenpflanzen vorhanden waren, da es aufgrund des Befalls mit der Grünen Erbsenblattlaus zur Übertragung des Scharfen Adermosaik-Virus gekommen war. In Deppoldshausen war der Zuflug im Jahr 2005 mit 681 Faltern ähnlich hoch wie im Jahr zuvor. Darüber hinaus wurde am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005 mit in

der Summe 616 Faltern ein höherer Zuflug als im Jahr 2004 bonitiert. Der höchste Zuflug konnte an den Standorten Deppoldshausen und Reinshof mit 236 und 31 Faltern am 17. Juni 2005 beobachtet werden. Am Standort Stöckendrebber war dies mit 217 Faltern am 27. Juni 2005 der Fall (Abb. 36).

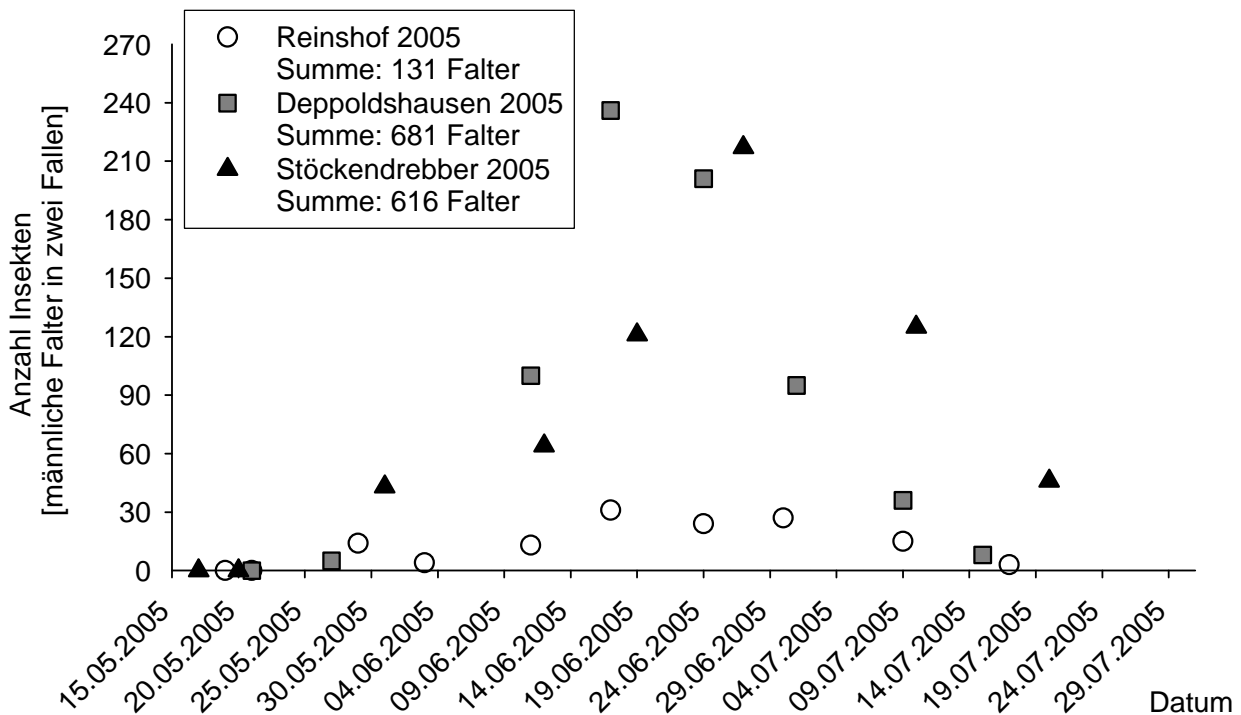


Abb. 36: Anzahl gefangener männlicher Falter des Erbsenwicklers in zwei Fallen an den Standorten Reinshof, Deppoldshausen und Stöckendrebber im Jahr 2005 (Neuzug, Summe beider Fallen)

Erbsenwickler befallene Hülsen

Der Anteil der Erbsenhülsen, welche vom Erbsenwickler befallen wurden (angebohrt), war erwartungsgemäß am Standort Reinshof im Jahr 2004 mit im Mittel 34,7 % sehr hoch. Im Jahr 2005 wurde der höchste Zuflug am Standort Deppoldshausen beobachtet. Hier waren im Mittel 30,4 % der Erbsenhülsen befallen. An den Standorten Reinshof im Jahr 2005, Stöckendrebber in den Jahren 2004 und 2005 sowie Deppoldshausen im Jahr 2004 wurden geringere Anteile befallener Hülsen an der Erbse mit im Mittel 4,9, 5,1, 14,9 und 13,9 % ermittelt. Der Anteil befallener Hülsen unterschied sich zwischen den Erbsen in Reinsaat und Gemenge an allen Standorten und Jahren nicht signifikant (Tab. 46).

Tab. 46: Anteil [%] der mit dem Erbsenwickler befallenen Erbsenhülsen an drei Standorten im Jahr 2004 und 2005 ermittelt zu Kornreife (BBCH 89)

Standorte Jahre	Reinshof		Stöckendrebber		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
↓						
WE15	40,0 a	4,2 a	5,3 a	14,6 a	16,8 a	37,3 a
WE30/30	34,5 a	4,1 a	6,5 a	13,1 a	14,8 a	28,1 a
WE75/15	35,0 a	3,6 a	7,3 a	11,9 a	12,1 a	38,4 a
E15	32,0 a	4,7 a	4,5 a	17,0 a	12,0 a	22,9 a
E30	31,8 a	8,0 a	2,0 a	18,2 a	13,8 a	25,3 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Werten eines Standortes und Jahres, Tukey-Test, $\alpha = 0,05$

Vom Erbsenwickler geschädigte Körner

Der Anteil (Gewichtsprozent) vom Erbsenwickler geschädigte Körner der Erbse schwankte zwischen 0,3 % (Variante E30, am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004) und 18,3 % (Variante WE75/15, am Standort Deppoldshausen im Jahr 2005). Die geringsten Gewichtsprozent geschädigter Körner wurden mit im Mittel 0,7 % am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 ermittelt. An den Standorten Reinshof im Jahr 2005 sowie Deppoldshausen im Jahr 2004 wurden im Mittel 3,3 und 5,8 % vom Erbsenwickler geschädigte Körner bestimmt. Es gab hier keine signifikanten Unterschiede im Grad der Beschädigung der Erbsen zwischen den Reinsaaten und den Gemengen. Am Standort Stöckendrebber wiesen die Reinsaaten im Jahr 2005 mit im Mittel 11,6 % tendenziell höhere Anteile geschädigter Körner als das Mittel der Erbsen aus den Gemengen mit 8,2 % auf. An den Standorten Reinshof im Jahr 2004 und Deppoldshausen im Jahr 2005 war der umgekehrte Fall zu verzeichnen. In den Gemengen am Standort Reinshof (2004) und Deppoldshausen (2005) wurden mit im Mittel 14,4 und 17,9 % tendenziell höhere Anteile vom Erbsenwickler befallene Körner als im Mittel der Reinsaaten mit 11,4 und 14,5 % beobachtet (Tab. 47).

Tab. 47: Gewichtsprozent [%] der vom Erbsenwickler geschädigten Körner an drei Standorten im Jahr 2004 und 2005 ermittelt zur Kornreife (BBCH 89)

Standorte Jahre	Reinshof		Stöckendrebber		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
↓						
WE15	17,8 n.n.	2,6 a	0,5 n.n.	8,4 n.n.	6,0 a	17,3 ab
WE30/30	13,8 n.n.	3,7 a	1,7 n.n.	6,7 n.n.	7,4 a	18,1 a
WE75/15	11,7 n.n.	2,8 a	0,6 n.n.	9,6 n.n.	4,3 a	18,3 a
E15	11,2 n.n.	4,4 a	0,5 n.n.	12,4 n.n.	5,8 a	13,3 b
E30	11,7 n.n.	3,1 a	0,3 n.n.	10,8 n.n.	5,4 a	15,6 ab

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Werten eines Standortes und Jahres, Tukey-Test, $\alpha = 0,05$; n.n. = nicht normalverteilt

Am Standort Deppoldshausen im Jahr 2005 waren in den Gemengevarianten WE30/30 (alternierende Reihen) und WE75/15 (Reihen-Streifen-Gemenge) bei den Erbsen mit im Mittel 18,1 und 18,3 % signifikant höhere Anteile befallener Körner als in der Reinsaatvariante E15 mit im Mittel 13,3 % zu verzeichnen (Tab. 47).

Ertragsverlust durch den Befall mit Erbsenwickler

Der Ertragsverlust durch den Befall mit Erbsenwickler konnte an den Standorten Reinshof in der Vegetationsperiode 2005 sowie Deppoldshausen in der Vegetationsperiode 2005 (Gemengevarianten) aufgrund der fehlenden Werte der Tausendkornmasse der Erbsen (Geringe Probenmasse) nicht bestimmt werden (Tab. 48 und 49). Der prozentuale Ertragsverlust an den Standorten Reinshof im Jahr 2004 und Deppoldshausen im Jahr 2005 (nur Reinsaaten) mit im Mittel jeweils 18,2 % am höchsten. An den Standorten Stöckendrebber in beiden Jahren sowie Deppoldshausen im Jahr 2004 betrug der Ertragsverlust im Mittel 16,8, 11,6 und 13,2 %. Es wurden an allen Standorten und Jahren keine signifikanten Unterschiede im Ertragsverlust durch den Befall mit Erbsenwickler zwischen den Reinsaaten und den Gemengen der Erbsen festgestellt. In einigen Gemengevarianten waren tendenziell höhere Ertragsverluste durch den Erbsenwickler als in den Reinsaaten zu verzeichnen: Die Gemengevariante WE75/15 am Standort Stöckendrebber in den Jahren 2004 und 2005 mit im Mittel 28,0 und 15,0 % sowie am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004 mit im Mittel 17,5 % war durch besonders hohe Ertragsverluste gekennzeichnet, die durch den Erbsenwickler hervorgerufen worden waren. Darüber hinaus wurden für die Varianten WE15 und WE30/30 mit im Mittel 20,6 und 22,5 % tendenziell die höchsten Ertragsverluste am Standort Reinshof im Jahr 2004 ermittelt (Tab. 48).

Tab. 48: Ertragsverlust [%] durch den Befall mit Erbsenwickler an der Erbse an drei Standorten im Jahr 2004 und 2005 ermittelt zur Kornreife (BBCH 89)

Standorte Jahre	Reinshof		Stöckendrebber		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
↓						
WE15	20,6 a	n.e.	16,1 a	10,8 a [#]	7,6 n.n.	n.e.
WE30/30	22,5 a	n.e.	10,1 a	12,2 a	13,8 n.n.	n.e.
WE75/15	15,9 a	n.e.	28,0 a	15,0 a	17,5 n.n.	n.e.
E15	19,2 a	n.e.	12,8 a	9,3 a	15,2 n.n.	22,8
E30	13,1 a	n.e.	17,2 a	10,8 a	12,1 n.n.	13,7

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Werten eines Standortes und Jahres, Tukey-Test, $\alpha = 0,05$; n.n. = nicht normalverteilt, n.e. = nicht ermittelbar, TKM fehlt; [#]Scheffé-Test

Der Ertragsverlust in Dezitonne Trockenmasse je Hektar, welcher durch den Befall mit dem Erbsenwickler verursacht wurde, betrug etwa 1,6 dt TM ha⁻¹ (Variante WE15, Standort Reinshof im Jahr 2004) bis 6,6 dt TM ha⁻¹ (Variante E15, Standort Deppoldshausen im Jahr 2004). Im Mittel wurden 2,8 (Reinshof 2004), 3,3 und 4,0 (Deppoldshausen 2004 und 2005) sowie 4,2 und 3,8 dt TM ha⁻¹ (Deppoldshausen 2004 und 2005) in den Reinsaaten an Ertragsverlust durch den Erbsenwickler ermittelt. Es konnte in keinem Fall ein signifikanter Unterschied im Ertragsverlust durch den Erbsenwickler zwischen den Reinsaaten und den Gemengen der Erbsen festgestellt werden (Tab. 49).

Tab. 49: Ertragsverlust an Kornmasse [dt TM ha⁻¹] durch den Erbsenwickler an drei Standorten im Jahr 2004 und 2005 ermittelt zur Kornreife (BBCH 89)

Standorte Jahre	Reinshof		Stöckendrebber		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
↓						
WE15	1,6 a	n.e.	3,4 a	3,3 a [#]	2,4 n.n.	n.e.
WE30/30	3,1 a	n.e.	2,4 a	3,8 a	5,3 n.n.	n.e.
WE75/15	1,7 a	n.e.	2,8 a	5,2 a	2,9 n.n.	n.e.
E15	4,1 a	n.e.	3,6 a	3,5 a	6,6 n.n.	5,5
E30	3,5 a	n.e.	4,5 a	4,5 a	3,7 n.n.	2,1

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Werten eines Standortes und Jahres, Tukey-Test, $\alpha = 0,05$; n.n. = nicht normalverteilt; n.e. = nicht ermittelbar, TKM fehlt; [#]Scheffé-Test

Abstand Fahnenblatt zur Ähre beim Weizen

Pilzliche Krankheitserreger wie z. B. *Fusarium* spp. werden unter anderem durch Regenspritzer verbreitet und gelangen so über die einzelnen Blattetagen zur Ähre (OBST 1996). Der Abstand des Fahnenblattes zur Ähre kann möglicherweise bei der Verbreitung von Bedeutung sein. Im Gemenge reagieren die Arten aufeinander und wachsen möglicherweise höher als in Reinsaat, so dass in diesem Fall zu erwarten wäre, dass auch der Abstand vom Fahnenblatt zur Ähre im Gemenge größer ist.

Am Standort Reinshof wurden im Jahr 2004 mit einem Abstand von 23,9 und 23,7 cm zwischen Fahnenblatt und Ähre des Weizens bei den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten sowie mit im Mittel 23,4 und 23,2 cm in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse keine signifikanten Unterschiede in diesem Merkmal zwischen den Anbauformen nachgewiesen. An allen anderen Standorten und in allen anderen Versuchsjahren wies der Weizen aus Gemengebau mit der Ackerbohne stets die höchsten Abstände zwischen Fahnenblatt und Ähre aller Bestände auf. So erreichte am Standort Reinshof im Jahr 2005 der Weizen aus den Gemengen mit der Ackerbohne mit im Mittel 26,0 cm einen signifikant größeren Ab-

stand zwischen Fahnenblatt und Ähre als in den 100 % Reinsaaten mit im Mittel 23,8 cm. In den 20 % Reinsaaten sowie den Gemengen mit der Erbse wurden signifikant geringere Abstände zwischen Fahnenblatt und Ähre des Weizens mit im Mittel 22,5 und 21,9 cm im Vergleich zu den anderen Beständen bestimmt. Am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 wurden mit im Mittel 18,6 cm signifikant höhere Abstände im Gemenge mit der Ackerbohne als in den 100 % Reinsaaten mit im Mittel 15,0 cm sowie in den Gemengen mit der Erbse mit im Mittel 16,5 cm festgestellt. Im Jahr 2005 zeichnete sich der Weizen am Standort Stöckendrebber sowohl im Gemenge mit der Ackerbohne als auch mit der Erbse mit im Mittel 24,2 und 23,2 cm durch einen signifikant größeren Abstand zwischen Fahnenblatt und Ähre im Vergleich zum Weizen aus den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten mit im Mittel 20,9 und 21,3 cm aus. Am Standort Deppoldshausen lag der Weizen aus den 100 % Reinsaaten sowie dem Gemenge mit Ackerbohne mit im Mittel 20,5 und 21,4 cm Abstand zwischen Fahnenblatt und Ähre tendenziell über den 20 % Reinsaaten und den Gemengen mit Erbse mit im Mittel 18,0 und 18,2 cm. Am Standort Deppoldshausen wurde im Jahr 2005 zudem ein signifikant höherer Abstand zwischen Fahnenblatt und Ähre beim Weizen aus den Gemengen mit Ackerbohne mit im Mittel 21,7 cm als in den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie den Gemengen mit Erbse mit im Mittel 17,5, 18,5 und 17,0 cm festgestellt (Tab. 50).

Tab. 50: Abstand des Fahnenblattes zur Ähre [cm] beim Weizen im Mittel über die Reihenweiten an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Dep-poldshausen (DEP) im Jahr 2004 und 2005

Standort und Jahr	Reinsaaten 100 %	Reinsaaten 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse
→				
REI 2004	23,9 a	23,7 a	23,4 a	23,2 a
REI 2005	23,8 b	22,5 c	26,0 a	21,9 c
STÖ 2004	15,0 c	17,1 ab	18,6 a	16,5 bc
STÖ 2005	20,9 b	21,3 b	24,2 a	23,2 a
DEP 2004	20,5 n.n.	18,0 n.n.	21,4 n.n.	18,2 n.n.
DEP 2005	17,5 b	18,5 b	21,7 a	17,0 b

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Werten eines Standortes und Jahres, Tukey-Test, $\alpha = 0,05$; n.n. = nicht normalverteilt

Die zweifaktorielle Auswertung der Werte zum Abstand zwischen Fahnenblatt und Ähre beim Weizen ergab Wechselwirkungen der Anbauform mit der Reihenweite am Standort Reinshof im Jahr 2005. Im Mittel über die Anbauformen wurde hier mit 24,1 cm ein signifikant höherer Abstand bei 75 cm als bei 15 cm Reihenweite mit im Mittel 23,2 cm ermittelt. Die höchsten Abstände zwischen Fahnenblatt und Ähre des Weizens lagen jedoch in den

100 % Reinsaat bei 30 cm Reihenweite mit im Mittel 24,4 cm, in den 20 % Reinsaat bei 75 cm Reihenweite mit im Mittel 24,2 cm, in den Gemengen mit der Ackerbohne bei 30 cm Reihenabstand mit im Mittel 26,3 cm und in den Gemengen mit der Erbse bei 15 cm Reihenabstand mit im Mittel 22,2 cm vor. Signifikant größere Abstände zwischen Fahnenblatt und Ähre des Weizens bei 15 cm Reihenabstand wurden im Mittel über die Anbauformen an den Standorten Reinshof im Jahr 2004 und Stöckendrebber im Jahr 2005 mit 24,4 und 23,0 cm im Vergleich zu 75 cm Reihenweite mit im Mittel 22,8 und 21,5 cm festgestellt. An den Standorten Stöckendrebber im Jahr 2004, Deppoldshausen in den Jahren 2004 und 2005 wurden keine signifikanten Unterschiede im Abstand zwischen Fahnenblatt und Ähre des Weizens zwischen 15 cm Reihenabstand mit im Mittel 16,8, 19,9 und 18,8 cm, 30 cm Reihenweite mit im Mittel 16,7, 19,3 und 19,1 cm sowie 75 cm Reihenweite mit im Mittel 16,9, 19,4 und 18,1 cm bestimmt (Tab. 51).

Tab. 51: Abstand zwischen Fahnenblatt und Ähre [cm] beim Weizen im Mittel über die Anbauformen an den Standorten Reinshof (REI), Stöckendrebber (STÖ) und Deppoldshausen (DEP) im Jahr 2004 und 2005

Standort und Jahr	15 cm Reihenabstand	30 cm Reihenabstand	75 cm Reihenabstand
→			
REI 04	24,4 a	23,6 ab	22,8 b
REI 05	23,2 b	23,4 ab	24,1 a
STÖ 04	16,8 a	16,7 a	16,9 a
STÖ 05	23,0 a	22,7 a	21,5 b
DEP 04	19,9 n.n.	19,3 n.n.	19,4 n.n.
DEP 05	18,8 a	19,1 a	18,1 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Werten eines Standortes und Jahres, Tukey-Test, $\alpha = 0,05$; n.n. = nicht normalverteilt

Lageranfälligkeit der Erbse

Erbse können beim Anbau in Reinsaat sehr stark ins Lager gehen. Dies führt zum einen zu einer verstärkten Spätverunkrautung und erschwert zum anderen die Beerntung der Erbsen. Im Gemenge mit Weizen kann die Erbse sich am Gemengepartner abstützen oder sich sogar mit den Ranken festhalten. Zur Bonitur der Lagerung der Erbsen wurde die mittlere Bestandeshöhe mittels Zollstock vermessen.

Am Standort Reinshof zeigten sich im Jahr 2004 schon sehr frühzeitig Unterschiede in der Bestandeshöhe der Erbsen zwischen den Reinsaat und den Gemengen (Abb. 37). So war die Bestandeshöhe der Erbse in der Mischsaat (WE15) ab dem Messbeginn (14. Mai 2004) signifikant größer als in den Reinsaatvarianten. Am 19. Juni 2004 erreichten die

Erbsen der Variante WE15 mit im Mittel 74,8 cm die größte Bestandeshöhe. Ferner konnten zwischen den Gemengevarianten Unterschiede aufgezeigt werden, welche sich ab Mitte Juli deutlich darlegten. Während zunächst die Erbse sich offenbar sowohl in den Mischsaaten (WE15) als auch bei den alternierenden Reihen (WE30/30) am Weizen festhalten konnte, war dies bei den Reihen-Streifen-Gemengen (WE75/15) nicht mehr der Fall. Ab Mittel Juli unterschieden sich die Erbsen der Variante WE15 in der Regel signifikant in der Bestandeshöhe von den Erbsen der Varianten WE30/30 und WE75/15. Am 22. August 2004 konnte bei der Erbse in Mischsaat eine signifikant größere Bestandeshöhe von im Mittel 64,8 cm als in den anderen beiden Gemengen mit im Mittel 35,3 und 31,5 cm (WE30/30 und WE75/15) ermittelt werden. Alle Erbsenbestände der Gemengevarianten unterschieden sich zu diesem Zeitpunkt signifikant in der Wuchshöhe von den Reinsaaten mit einer mittleren Differenz von im Mittel 14,8 und 13,0 cm (E15 und E30, Abb. 37).

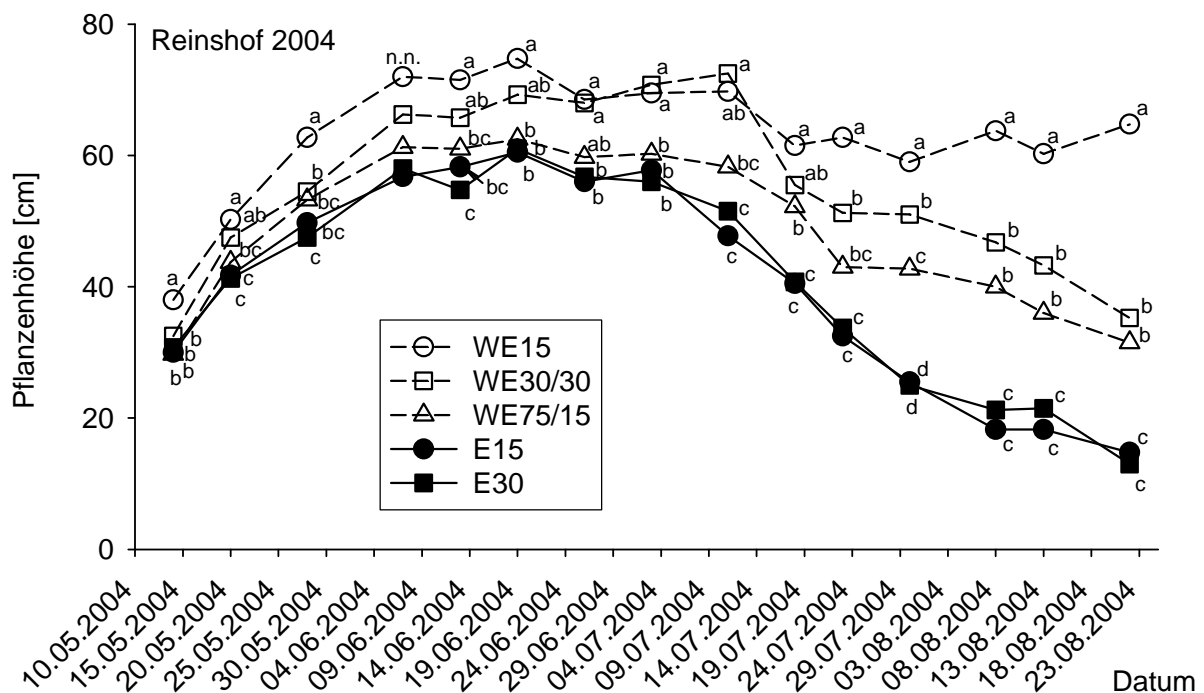


Abb. 37: Bestandeshöhe der Erbse [cm] in den verschiedenen Prüfgliedern am Standort Reinshof im Jahr 2004; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Prüfgliedern zum jeweiligen Termin, $\alpha = 0,05$, Tukey-Test; n.n. = nicht normalverteilt

Am Standort Reinshof waren im Jahr 2005 nur sehr wenige Erbsenpflanzen je m^2 vorhanden. Dennoch zeigte sich ein ganz ähnliches Bild wie im Jahr 2004. Die Erbsen der Gemengevarianten WE15 und WE30/30 wiesen in der Regel zu allen Terminen signifikant höhere Bestandeshöhen als in den Reinsaaten auf. Die größte Bestandeshöhe der Erbse wurde am 30. Juni 2005 in der Variante WE15 mit im Mittel 64,5 cm gemessen. Kurz vor

der Ernte am 31. Juli 2005 lagen die Erbsen der Varianten WE15 und WE30/30 mit einer Bestandeshöhe von im Mittel 53,3 und 45,8 cm signifikant über dem Reihen-Streifen-Gemenge und den Reinsaaten der Erbse von im Mittel 27,3, 22,0 und 18,3 cm (WE75/15, E15 und E30, Abb. 38).

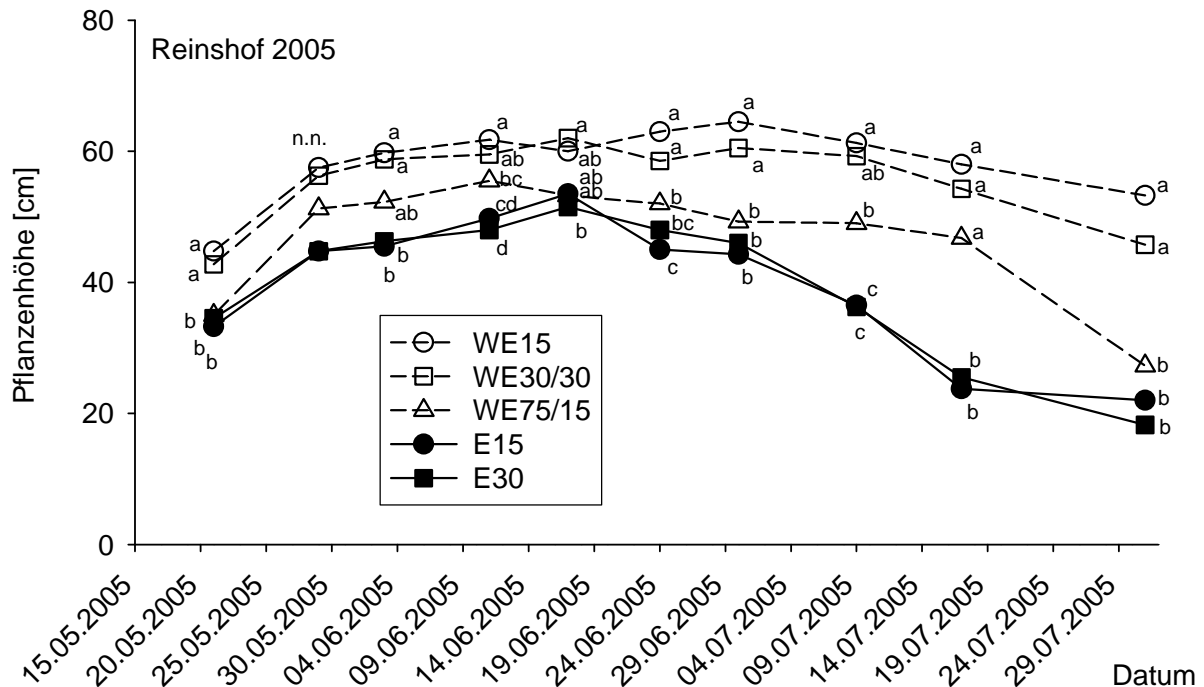


Abb. 38: Bestandeshöhe der Erbse [cm] in den verschiedenen Prüfgliedern am Standort Reinshof im Jahr 2005; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Prüfgliedern zum jeweiligen Termin, $\alpha = 0,05$, Tukey-Test; n.n. = nicht normalverteilt

Am Standort Stöckendrebber waren im Jahr 2004 die Bestandeshöhen der Erbse anfänglich bis Mitte Juni zwischen den Reinsaaten und den Gemengen in der Regel nicht signifikant verschieden. Ab dem 20. Juni 2004 zeigten sich deutliche Unterschiede. So wurden zunächst bei den Erbsen in der Variante WE15, später bei den Erbsen der Variante WE15 und WE30/30 und ab 04. Juli 2004 bei den Erbsen der Gemengevarianten signifikant größere Bestandeshöhen als in den Reinsaaten festgestellt. Die größte Bestandeshöhe der Erbse wurde mit im Mittel 81,8 cm in der Gemengevariante WE30/30 am 06. Juni 2004 ermittelt. Am 31. Juli 2004 zeigten die Erbsen in Reinsaat mit im Mittel 24,5 und 22,3 cm (E15 und E30) deutliche Lagererscheinungen. Die Bestandeshöhen der Erbsen in Reinsaat unterschieden sich signifikant von denen in den Gemengevarianten, die im Mittel 60,3, 49,5 und 44,8 cm (WE15, WE30/30 und WE75/15) betrug, wobei Bestandeshöhe der Erbse in Mischsaat signifikant von der im Reihen-Streifen-Gemenge unterschied (Abb. 39).

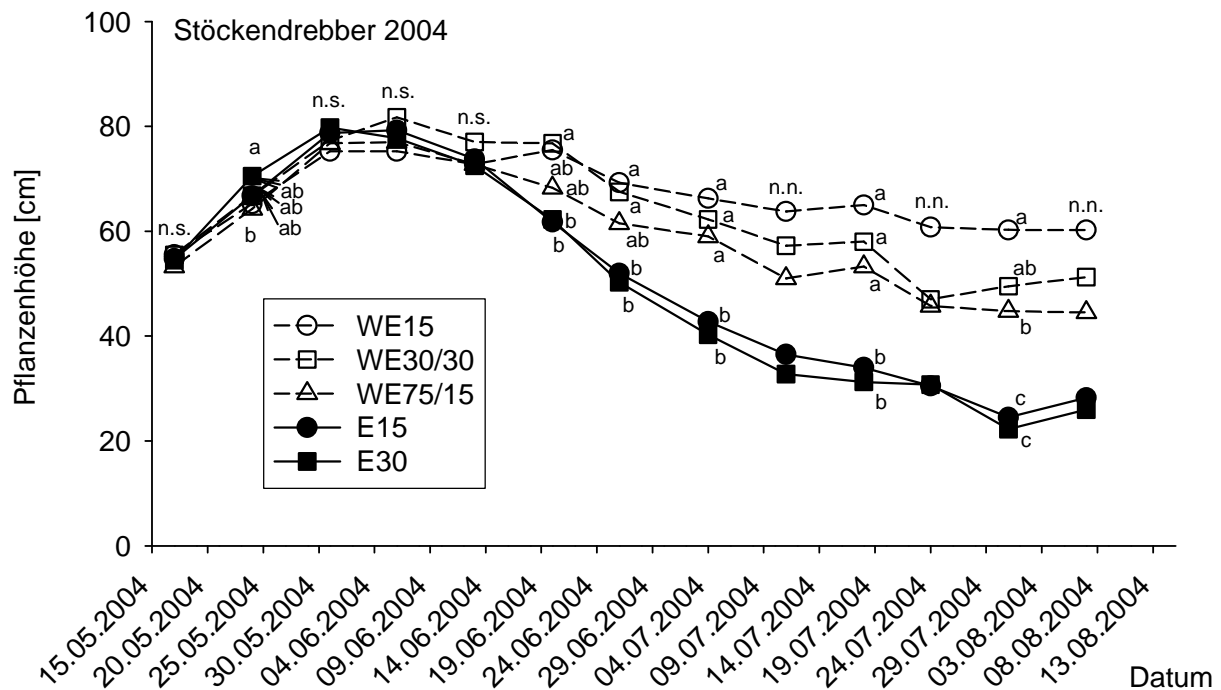


Abb. 39: Bestandeshöhe der Erbse [cm] in den verschiedenen Prüfgliedern am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004;

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Prüfgliedern zum jeweiligen Termin, $\alpha = 0,05$, Tukey-Test; n.n. = nicht normalverteilt; n.s. = nicht signifikant

Am Standort Stöckendrebber waren im Jahr 2005 die Bestandeshöhen der Erbsen ebenfalls zum Anfang der Messungen nicht verschieden zwischen den Reinsaaten und den Gemengen. Erst ab dem 27. Juni 2005 traten Unterschiede auf. An diesem Termin wurden in allen Gemengevarianten der Erbse mit einer Bestandeshöhe der Erbse von im Mittel 86,0 87,0 und 82,5 cm (WE15, WE30/30 und WE75/15) signifikant höhere Werte ermittelt als in der Reinsaatvariante E30 mit im Mittel 67,0 cm. Zu allen weiteren Terminen unterschieden sich die Gemenge deutlich von den Reinsaaten. Am 30. Juli 2005 erreichte die Erbse in der Variante WE30/30 mit im Mittel 45,3 cm signifikant größere Bestandeshöhen als die Erbse in Reinsaat mit im Mittel 20,3 cm (E15) und 27,3 cm (E30). Die Wuchshöhe der Erbse in den Gemengevarianten WE15 und WE75/15 unterschieden sich mit im Mittel 34,3 und 36,5 cm nicht von der Höhe in der Gemengevariante WE30/30 und der Reinsaat E30. Die größte Bestandeshöhe der Erbse wurde am 19. Juni 2005 in der Gemengevariante WE15 mit im Mittel 93,3 cm gemessen (Abb. 40).

Am Standort Deppoldshausen war der Weizen im Jahr 2004 in den 20 % Reinsaaten sowie in den Gemengen sehr schlecht aufgelaufen. Folglich konnten hier im Gemenge keine Stützfruchteffekte des Weizens für die Erbse erwartet werden. In der Regel erbrachten die

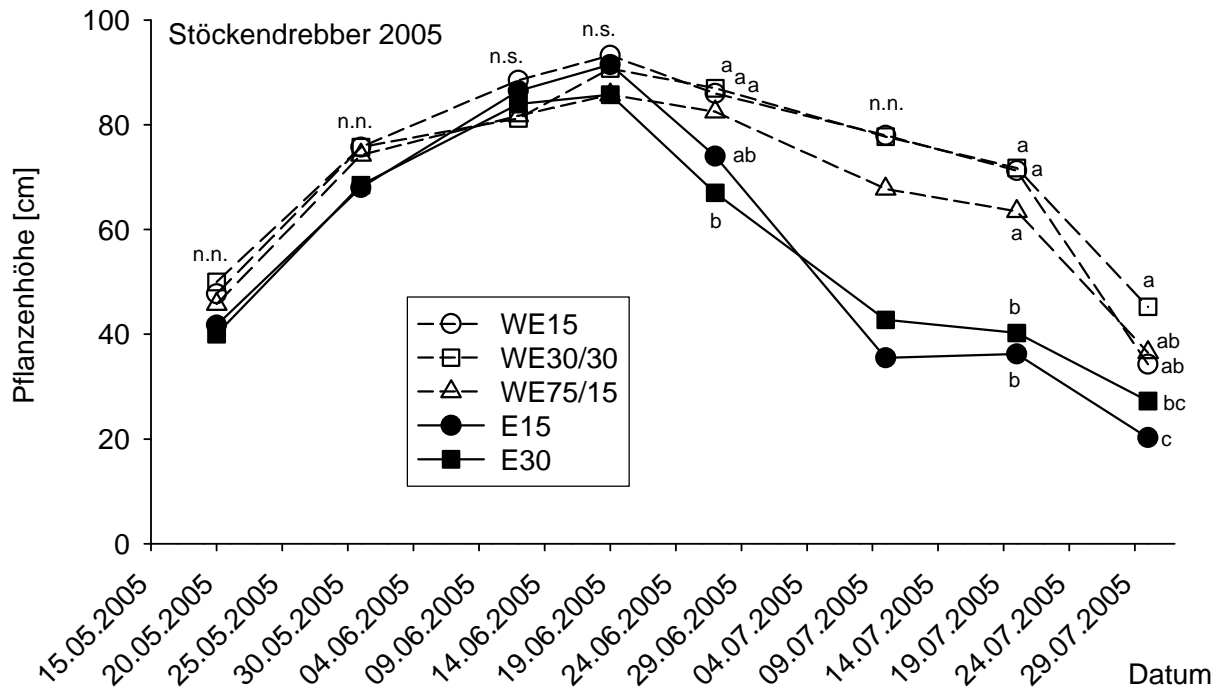


Abb. 40: Bestandeshöhe der Erbse [cm] in den verschiedenen Prüfgliedern am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Prüfgliedern zum jeweiligen Termin, $\alpha = 0,05$, Tukey-Test; n.n. = nicht normalverteilt; n.s. = nicht signifikant

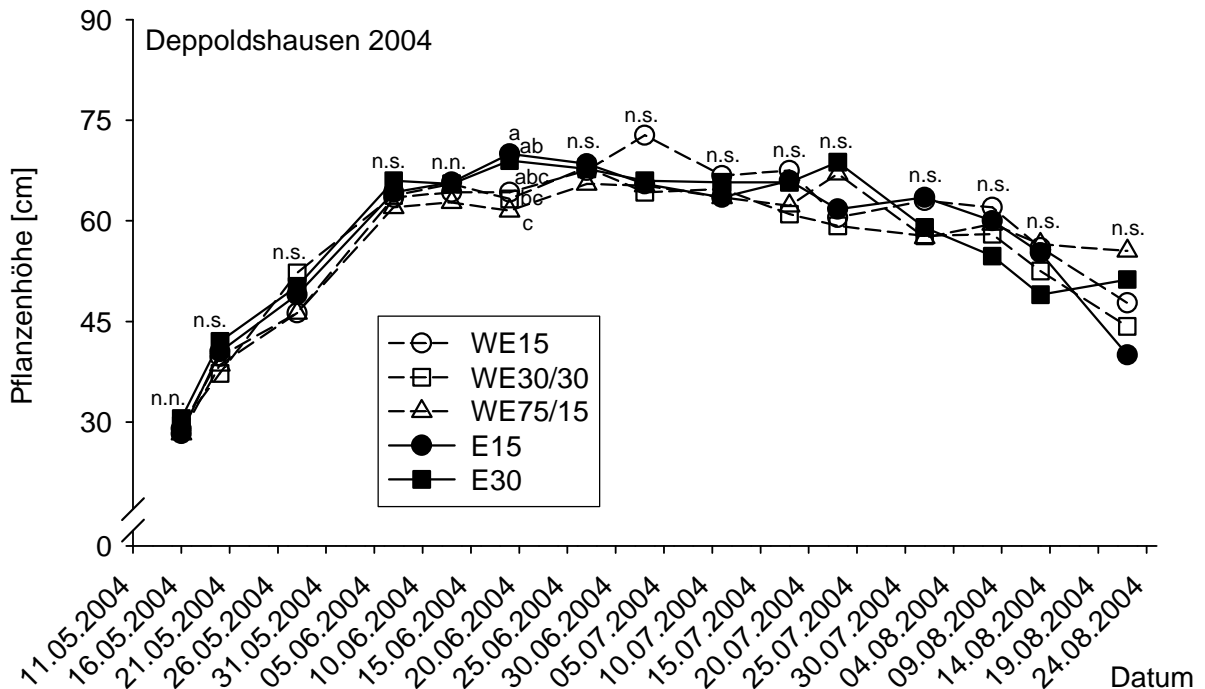


Abb. 41: Bestandeshöhe der Erbse [cm] in den verschiedenen Prüfgliedern am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Prüfgliedern zum jeweiligen Termin, $\alpha = 0,05$, Tukey-Test; n.n. = nicht normalverteilt; n.s. = nicht signifikant

Messungen der Bestandeshöhe der Erbse keine signifikanten Unterschiede zwischen den Reinsaaten und den Gemengen. Die höchste Bestandeshöhe der Erbse wurde am 03. Juli 2004 in der Variante WE15 mit im Mittel 72,8 cm ermittelt. Am 22. August 2004 wurden mit einer Bestandeshöhe von im Mittel 47,8, 44,3, 55,5, 40,0 und 51,3 cm in den Varianten WE15, WE30/30, WE75/15, E15 und E30 keine signifikanten Unterschiede gemessen (Abb. 41).

Am Standort Deppoldshausen zeigten sich im Jahr 2005 tendenziell größere Bestandeshöhen der Erbse in den Gemengen im Vergleich zu den Reinsaaten (Abb. 42). In der Regel traten zwischen einer oder mehrerer Gemengevarianten signifikante Unterschiede in der Bestandeshöhe der Erbse zu mindestens einer Reinsaatvariante auf. So lag beispielsweise am 11. Juni 2005 die Wuchshöhe der Erbse in der Gemengevariante WE15 mit im Mittel 55,3 cm signifikant über der in den Reinsaatvarianten E15 und E30 mit im Mittel 44,5 und 45,0 cm. Die anderen Gemengevarianten unterschieden sich in der Wuchshöhe der Erbse mit im Mittel 51,3 und 50,8 cm (WE30/30 und WE75/15) nicht signifikant von der Mischsaat und den Reinsaaten der Erbse. Am 15. Juli 2005 wurden in den Gemengevarianten WE15 und WE30/30 mit im Mittel 56,3 und 56,0 cm signifikant höhere Bestandeshöhen der Erbse als in der Gemengevariante WE75/15 mit im Mittel 49,0 cm

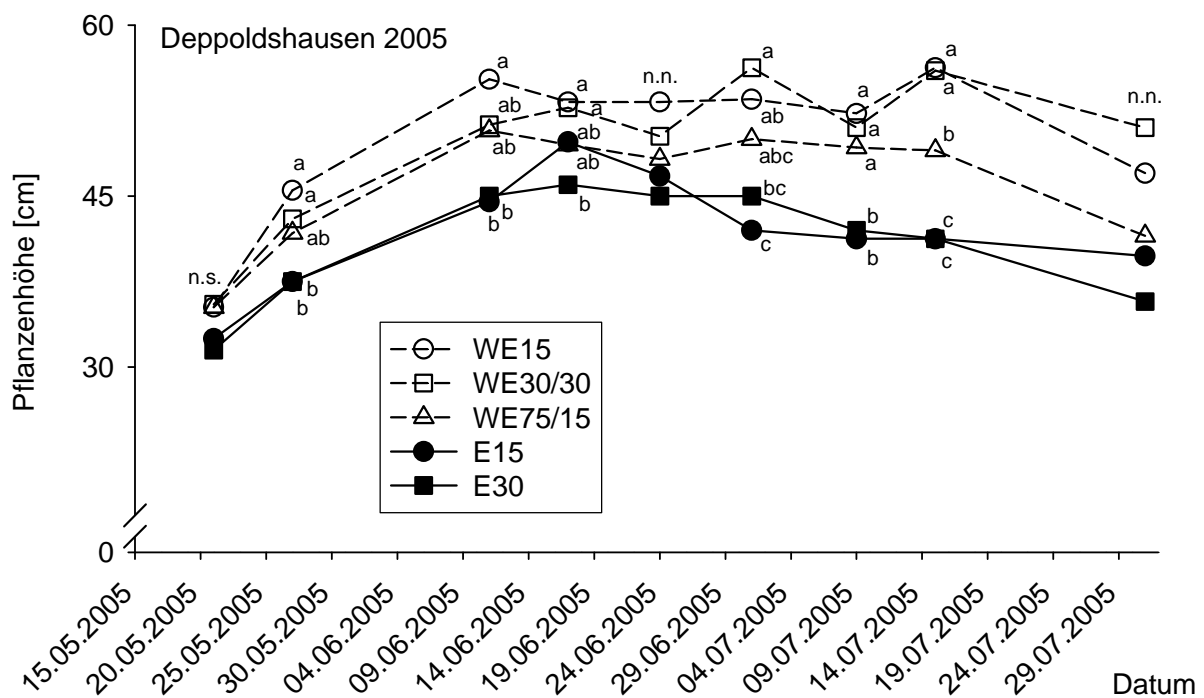


Abb. 42: Bestandeshöhe der Erbse [cm] in den verschiedenen Prüfgliedern am Standort Deppoldshausen im Jahr 2005; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Prüfgliedern zum jeweiligen Termin, $\alpha = 0,05$, Tukey-Test; n.n. = nicht normalverteilt; n.s. = nicht signifikant

bestimmt. Die Erbsen in den drei Gemengevarianten erzielten signifikant höhere Bestandeshöhen als die in den Reinsaaten E15 und E30 mit im Mittel 41,3 und 41,3 cm. Zum letzten Boniturtermin am 31. Juli 2005 lag die Wuchshöhe der Erbse in der Variante WE30/30 mit im Mittel 51,0 cm über der Wuchshöhe der Erbse in der Gemengevariante WE15 mit im Mittel 47,0 cm und der Gemengevariante WE75/15 mit im Mittel 41,5 cm. In WE75/15 erreichte die Erbse ähnlich hohe Bestandeshöhen wie in den beiden Reinsaaten E15 und E30 mit im Mittel 39,8 und 35,8 cm (Abb. 42).

3.9 Korrelationen

Zusammenhang Kornertrag und Qualitätsparameter des Weizens

Der Kornertrag des Weizens war in der Regel negativ mit der Ausprägung der Parameter der Backqualität des Weizens korreliert. Das heißt, dass mit steigendem Kornertrag die Qualität des Weizens geringer ausfiel. Höhere Kornerträge mit geringeren Qualitäten waren eher in den Reinsaaten, geringere Erträge bei höheren Qualitäten waren eher in den Gemengen gegeben. Dabei waren die Zusammenhänge unterschiedlich stark. Beim Weizen des Standortes Reinshof wurden in beiden Jahren engere und hoch signifikante Korrelationen zwischen $r = -0,512^{***}$ und $r = -0,918^{***}$ ermittelt als an den beiden anderen Standorten (Tab. 52). Dabei waren die Korrelationskoeffizienten zwischen Kornertrag und Proteingehalt im Korn mit $r = -0,881^{***}$ und $r = -0,918^{***}$ sowie Kornertrag und Glutengehalt des Kornes mit $r = -0,842^{***}$ und $r = -0,853^{***}$ sehr hoch (Standort Reinshof in den Jahren 2004 und 2005). Am Standort Reinshof (2004 und 2005) waren ebenfalls die Korrelationen des Kornertrages mit dem SDS-Sedimentationswert mit $r = -0,651^{***}$ und $r = -0,778^{***}$, dem Mikro-Rapid-Mix-Test mit $r = -0,583^{***}$ und $r = -0,569^{***}$ und der Fallzahl mit $r = -0,512^{***}$ und $r = -0,615^{***}$, wenn auch nicht mehr ganz so eng, hoch negativ signifikant. Am Standort Stöckendrebber fanden sich im Jahr 2005 die engsten negativen und hoch signifikanten Zusammenhänge ebenfalls zwischen dem Kornertrag und Proteingehalt im Korn mit $r = -0,584^{***}$ und mit dem Glutengehalt im Korn mit $r = -0,585^{***}$, während die Zusammenhänge zwischen dem Kornertrag und dem SDS-Sedimentationswert des Weizenmehles mit $r = -0,431^{**}$, dem Ergebnis des Mikro-Rapid-Mix-Test mit $r = -0,338^*$ und der Fallzahl des Weizenmehles mit $r = -0,071$ nicht so eng waren. Mit Ausnahme der Fallzahl des Weizenmehles wurde eine ähnlich Abstufung in der Höhe der Korrelationskoeffizienten bei den Ergebnissen des Standortes Stöckendrebber (Erntegut des Jahres 2004) sowie Deppoldshausen (Erntegut des Jahres des 2004 und 2005) festgestellt, wobei die Zusammenhänge weniger deutlich waren. Bei der Fallzahl des Weizenmehles fanden sich

am Standort Stöckendrebber (Erntegut des Jahres 2004) und Deppoldshausen (Erntegut des Jahres 2004) mit $r = 0,398^{**}$ und $r = 0,553^{***}$ signifikant positive Zusammenhänge zwischen dem Kornertrag und der Fallzahl Weizenmehles (Tab. 52).

Tab. 52: Korrelationskoeffizienten r des Kornertrages zu den Backqualitätsparametern im Korn des Weizens an drei Standorten im Jahr 2004 und 2005

Standorte Jahre	Reinshof		Stöckendrebber		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
Korrelation Kornertrag zu						
Proteingehalt	-0,881 ^{***}	-0,918 ^{***}	-0,234 ^{n.s.}	-0,584 ^{***}	-0,566 ^{***}	-0,393 ^{**}
Glutengehalt	-0,842 ^{***}	-0,853 ^{***}	-0,313 [*]	-0,585 ^{***}	-0,452 ^{**}	-0,207 ^{n.s.}
SDS-Sedi.	-0,651 ^{***}	-0,778 ^{***}	-0,090 ^{n.s.}	-0,431 ^{**}	-0,304 [*]	-0,045 ^{n.s.}
MRMT	-0,583 ^{***}	-0,569 ^{***}	-0,316 [*]	-0,338 [*]	-0,311 ^{n.s.}	-0,157 ^{n.s.}
Fallzahl	-0,512 ^{***}	-0,615 ^{***}	0,398 ^{**}	-0,071 ^{n.s.}	0,553 ^{***}	-0,450 ^{**}

Korrelation nach Pearson, Signifikanzen: * $\alpha = 0,05$, ** $\alpha = 0,01$, *** $\alpha = 0,001$; n.s. = nicht signifikant SDS-Sedi. = SDS-Sedimentationswert, MRMT = Mikro-Rapid-Mix-Test

Zusammenhang zwischen den verschiedenen Qualitätsparametern des Weizens

In der Regel waren die Zusammenhänge der Qualitätsparameter des Weizens zueinander hoch signifikant positiv. In den Resultaten der Weizenproben vom Reinshof der Jahre 2004 und 2005 wurden mit $r = 0,658^{***}$ (Mikro-Rapid-Mix-Test und Fallzahl) und $r = 0,931^{***}$ (Proteingehalt und Glutengehalt) sehr enge Zusammenhänge gefunden. Dieses galt auch für die Ergebnisse vom Standort Stöckendrebber im Jahre 2005. Hier waren ebenfalls alle Zusammenhänge positiv und lagen zwischen $r = 0,402^{**}$ (Proteingehalt und Mikro-Rapid-Mix-Test) und $0,922^{***}$ (Proteingehalt und Glutengehalt). Für die Daten vom Weizen des Standortes Stöckendrebber (Jahr 2004) sowie Deppoldshausen (Jahr 2004) konnten positive Korrelationskoeffizienten für die Zusammenhänge Proteingehalt und Glutengehalt, Proteingehalt und SDS-Sedimentationswert, Proteingehalt und Mikro-Rapid-Mix-Test, Glutengehalt und SDS-Sedimentationswert, Glutengehalt und Mikro-Rapid-Mix-Test sowie SDS-Sedimentationswert und Mikro-Rapid-Mix-Test ermittelt werden. Sie lagen zwischen $r = 0,367$ (Proteingehalt und SDS-Sedimentationswert, Deppoldshausen Erntegut des Jahres 2004) und $r = 0,928^{***}$ (Proteingehalt und Glutengehalt, Daten des Weizens vom Standort Stöckendrebber des Jahres 2004). Negative Korrelationskoeffizienten wurden am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 zwischen Proteingehalt des Weizenkorn und dessen Fallzahl mit $r = -0,595^{***}$, dem Glutengehalt und der Fallzahl mit $r = -0,615^{***}$, dem SDS-Sedimentationswert und der Fallzahl mit $r = -0,404^{**}$, dem Mikro-Rapid-Mix-Test und der Fallzahl mit $r = -0,444^{***}$ sowie am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004 zwischen dem Glutengehalt und der Fallzahl mit $r = -0,534^{***}$ festgestellt. Die

Zusammenhänge zwischen den Qualitätsparametern waren am Standort Deppoldshausen im Jahr 2005 in der Regel nicht signifikant (Tab. 53).

Tab. 53: Korrelationskoeffizienten r der zwischen den Qualitätsparametern des Weizenkorns anhand des Erntegutes von drei Standorten der Jahre 2004 und 2005

Standorte Jahre	Reinshof		Stöckendrebber		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
Korrelation						
Protein zu Glutengehalt	0,927***	0,931**	0,928***	0,922***	0,439**	0,061 ^{n.s.}
Protein zu SDS-Sedi.	0,807***	0,894***	0,770***	0,861***	0,367*	0,436**
Protein zu MRMT	0,711***	0,673***	0,518***	0,402**	0,435**	0,018 ^{n.s.}
Protein zu Fallzahl	0,690***	0,729***	-0,595***	0,409**	-0,248 ^{n.s.}	0,204 ^{n.s.}
Glutengehalt zu SDS-Sedi.	0,891***	0,929***	0,796***	0,916***	0,742***	-0,187 ^{n.s.}
Gluten zu MRMT	0,755***	0,748***	0,578***	0,482***	0,522***	0,435**
Gluten zu Fallzahl	0,780***	0,750***	-0,615***	0,543***	-0,534***	0,157 ^{n.s.}
SDS-Sedi. zu MRMT	0,730***	0,766***	0,449**	0,435**	0,527***	-0,127 ^{n.s.}
SDS.Sedi zu Fallzahl	0,827***	0,736***	-0,404**	0,570***	-0,146 ^{n.s.}	0,391**
MRMT zu Fallzahl	0,658***	0,674***	-0,444**	0,464***	-0,091 ^{n.s.}	0,167 ^{n.s.}

Korrelation nach Pearson, Signifikanzen: * $\alpha = 0,05$, ** $\alpha = 0,01$, *** $\alpha = 0,001$; n.s. = nicht signifikant; SDS-Sedi. = SDS-Sedimentationswert; MRMT = Mikro-Rapid-Mix-Test

Zusammenhang zwischen dem Proteingehalt und den spezifische Qualitätsparametern des Weizenkornes

Positive Zusammenhänge zwischen dem Proteingehalt und dem spezifischen Glutengehalt je Prozent Proteingehalt wurden im Korn des Weizens von den Standorten Stöckendrebber der Jahre 2004 und 2005 mit $r = 0,512^{***}$, $r = 0,690^{***}$ sowie Reinshof des Jahres 2005 mit $r = 0,449^{**}$ bestimmt. Das bedeutet, dass mit einem Anstieg des Proteingehaltes im Korn der spezifische Glutengehalt zunahm, so dass eine Steigerung der Qualität (Glutengehalt) an den genannten Standorten und Jahren zu verzeichnen war. Höhere Proteingehalte mit einer höheren spezifischen Qualität, insbesondere der Glutenqualität wurden vor allem in den Gemengen ermittelt. Alle anderen untersuchten Zusammenhänge (Proteingehalt und SDS-Sedimentationswert, spezifisches Backvolumen aus dem Mikro-Rapid-Mix-Test sowie spezifische Fallzahl) waren jedoch an allen Standorten und Jahren in der Regel negativ miteinander korreliert. Die negativen Zusammenhänge waren zum

Teil hoch signifikant und sehr eng z. B. $-0,887^{***}$ zwischen Proteingehalt und Fallzahl je Prozent Protein der Werte vom Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 (Tab. 54). Überwiegend muss festgestellt werden, dass der Weizen aus Gemenge mit höheren Proteingehalten im Korn je Prozent zusätzlichen Proteingehalt eher ineffektiv zu weniger guten Qualitäten neigte. Gleichwohl waren die Qualitätsparameter in den Gemengen sehr hoch, dass zeigen die positiven Zusammenhänge, die in Tabelle 53 aufgeführt sind.

Tab. 54: Korrelationskoeffizienten r des Proteingehaltes im Korn des Weizens zu den spezifischen Qualitätsparametern je Prozent Proteingehalt im Weizenkorn ermittelt an Erntegut von drei Standorten des Jahres 2004 und 2005

Standorte Jahre	Reinshof		Stöckendrebber		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
Korrelation Protein zu						
Glutengehalt je % Protein	0,154 ^{n.s.}	0,449 ^{**}	0,512 ^{***}	0,690 ^{***}	-0,413 ^{**}	-0,403 ^{***}
SDS-Sedi. je % Protein	-0,756 ^{***}	-0,637 ^{***}	-0,691 ^{***}	0,187 ^{n.s.}	-0,853 ^{***}	-0,472 ^{***}
MRMT je % Protein	-0,918 ^{***}	-0,952 ^{***}	-0,878 ^{***}	-0,729 ^{***}	-0,793 ^{***}	-0,657 ^{***}
Fallzahl je % Protein	-0,865 ^{***}	-0,877 ^{***}	-0,887 ^{***}	-0,168 ^{n.s.}	-0,666 ^{***}	-0,035 ^{n.s.}

Korrelation nach Pearson, Signifikanzen: * $\alpha = 0,05$, ** $\alpha = 0,01$, *** $\alpha = 0,001$; n.s. = nicht signifikant; SDS-Sedi. = SDS-Sedimentationswert; MRMT = Mikro-Rapid-Mix-Test

Zusammenhang zwischen der Tausendkornmasse (TKM) des Weizens und dem Kornertrag sowie den Parametern der Backqualität des Weizens

Um die bisher dargestellten Zusammenhänge erklären zu können, wurden Korrelationen der Tausendkornmassen ermittelt, da bei den Qualitätsanalysen mit Vollkornmehlen gearbeitet wurde. Die Tausendkornmassen des Weizens aus den Gemengen mit der Ackerbohne waren zum Teil deutlich geringer als in Reinsaat und im Gemenge mit der Erbse. Damit erhöhten sich möglicherweise anteilig die Schalenbestandteile in den Mehlen des Weizens aus Gemengebau. Der Zusammenhang des Kornertrages mit der Tausendkornmasse betrug beim Erntegut des Jahres 2004 und 2005 des Standortes Reinshof $r = 0,664^{***}$ und $r = 0,896^{***}$, am Erntegut des Standortes Stöckendrebber $r = 0,152^{n.s.}$ und $r = 0,231^{n.s.}$ sowie am Erntegut des Standortes Deppoldshausen $r = 0,146^{n.s.}$ und $r = 0,315^*$, so dass eine enge Korrelation nur für die Werte des Standortes Reinshof vorlagen. Am Erntegut des Weizens vom Standort Reinshof der Jahre 2004 und 2005 sowie Stöckendrebber des Jahres 2005 wurden hohe und hoch signifikante Korrelationen mit $r = -0,776^{***}$ und $r = -0,892^{***}$ sowie $r = -0,482^{***}$ zwischen der Tausendkornmasse und dem

Proteingehalt im Korn bestimmt. Kleinere Tausendkornmassen (z. B. aus den Gemengen mit der Ackerbohne) führten somit zu hohen Proteingehalten im Korn. Am Weizen des Standortes Reinshof der Jahre 2004 und 2005 sowie des Standortes Stöckendrebber des Jahres 2005 konnten negative Korrelationen zu weiteren Qualitätsparametern wie Glutengehalt, SDS-Sedimentationswert, Backvolumen aus Mikro-Rapid-Mix-Test und Fallzahl zur Tausendkornmasse mit Koeffizienten zwischen $r = -0,286^*$ (TKM und MRMT, Erntegut Stöckendrebber des Jahres 2005) und $r = -0,853^{***}$ (TKM und Glutengehalt, Erntegut Reinshof des Jahres 2005) ermittelt werden. Im Erntegut des Weizens vom Standort Stöckendrebber des Jahres 2004 war die Tausendkornmasse häufig positiv zwischen $r = 0,346$ (TKM und SDS) und $r = 0,482^{***}$ (TKM und Proteingehalt) mit den Qualitätsparametern korreliert. Am Erntegut des Standortes Deppoldshausen der Jahre 2004 und 2005 waren die Zusammenhänge der Tausendkornmasse des Weizens mit den Qualitätsparametern des Weizens nicht sehr eng positiv oder sogar negativ. Insbesondere im Jahr 2004 konnten keine Zusammenhänge am Datenmaterial vom Standort Deppoldshausen ermittelt werden. Die Tausendkornmasse war stets negativ mit der Fallzahl des Weizens zwischen $r = -0,319^*$ (Standort Deppoldshausen, Versuchsjahr 2005) und $r = -0,663^{***}$ (Standort Reinshof, Versuchsjahr 2005) korreliert (Tab. 55).

Tab. 55: Korrelationskoeffizienten r der Tausendkornmasse des Weizens (TKM) zum Kornertrag sowie zu den Qualitätsparametern des Weizens ermittelt am Erntegut von drei Standorten im Jahr 2004 und 2005

Standorte Jahre	Reinshof		Stöckendrebber		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
Korrelation TKM zu						
Kornertrag	0,664 ^{***}	0,896 ^{***}	0,152 ^{n.s.}	0,231 ^{n.s.}	0,146 ^{n.s.}	0,315 [*]
Proteingehalt	-0,776 ^{***}	-0,892 ^{***}	0,482 ^{***}	-0,482 ^{***}	-0,245 ^{n.s.}	-0,347 [*]
Glutengehalt	-0,682 ^{***}	-0,853 ^{***}	0,412 ^{**}	-0,534 ^{***}	0,263 ^{n.s.}	0,302 [*]
SDS-Sedi.	-0,621 ^{***}	-0,786 ^{***}	0,346 [*]	-0,443 ^{**}	0,062 ^{n.s.}	-0,386 ^{**}
MRMT	-0,404 ^{**}	-0,612 ^{***}	0,260 ^{n.s.}	-0,286 [*]	0,001 ^{n.s.}	0,201 ^{n.s.}
Fallzahl	-0,452 ^{**}	-0,663 ^{***}	-0,328 [*]	-0,530 ^{***}	-0,269 ^{n.s.}	-0,319 [*]

Korrelation nach Pearson, Signifikanzen: * $\alpha = 0,05$, ** $\alpha = 0,01$, *** $\alpha = 0,001$; n.s. = nicht signifikant; SDS-Sedi. = SDS-Sedimentationswert; MRMT = Mikro-Rapid-Mix-Test

4 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Im ökologischen Landbau werden zur Verwertung des Weizens als Backgetreide Gehalte an Protein im Korn von mehr als 11,0 % verlangt (KÜHLESEN et al. 1999). Im Mittel werden für den Weizen als Brotgetreide Gehalte von 11,6 % an Protein, von 26,0 % Feuchtgluten, einem Sedimentationsvolumen von 34,0 ml und einer Fallzahl von 229,0 s angegeben (BRUNNER 2002). Ein Vergleich der Qualität von Weizen aus konventionellen und extensiven Anbau zeigte, dass auch unter extensiven Bedingungen keine nennenswerten Qualitätsrückgänge zu verzeichnen sind (RYCHENER & TIÈCHE 1996). Hingegen verweist KÜHLESEN (2001) auf deutlich geringere Qualitäten des Backweizens aus dem organischen Landbau. Häufig sind die geforderten Gehalte an Rohprotein im Korn im ökologischen Landbau nur mit einer Düngung von z. B. Jauche oder Gülle zu erreichen (SCHMITT & DREWES 1997). Viehlos wirtschaftende Betriebe stehen diese Düngemittel nicht oder nur in geringen Mengen zur Verfügung (SCHMIDT & LEITHOLD 2004). Darüber hinaus ist für eine gute Stickstoffversorgung die Stellung des Weizens in der Fruchtfolge von Bedeutung. So sollte der Winterweizen nach Leguminosen oder Leguminosengemengen wie z. B. Körnerleguminosen, feldfutterbaulichen Gemengen oder Grünbrache mit Leguminosen angebaut werden (DREYER 1992), um entsprechende Rohproteingehalte im Korn des Weizens zu erzielen. Daneben ist insbesondere für viehlos wirtschaftende Betriebe das System Weite Reihe eine Möglichkeit qualitativ hochwertigen Weizen zu erzeugen. Allerdings ist dieses System aufgrund der Kompensationsfähigkeit des Weizens nicht verfahrenssicher. Bei der „Weite Reihe“ nach Stute wird Getreide in größeren Abständen als die üblichen Reihenweiten von 10 bis 15 cm angebaut. In der Regel wird eine Untersaat mit Klee- oder Klee-Grasmischungen zur Unkrautunterdrückung sowie als Vorfrucht für die Folgefrüchte zwischen die Reihen eingebracht (STUTE 1994). Ziel ist es bei geringfügigem Ertragsverlust gegenüber einem Anbau mit engem Reihenabstand eine Erhöhung des Rohproteingehaltes im Korn beim Weizen zu erzielen. Dieser Effekt wird in einigen Arbeiten bestätigt (NEUMANN et al. 2002 und 2003, SÖLLINGER 2003). Dagegen fanden POMMER (2003a) und BECKER & LEITHOLD (2003a) keine Erhöhung des Rohproteingehaltes im Korn des Weizens bei weitem Reihenabstand im Vergleich zur Normalsaat. Eine weitere Möglichkeit zur Erzeugung von qualitativ hochwertigem Weizen ist ein Gemengeanbau mit einer Körnerleguminose. Höhere Proteingehalte im Korn von Sommergetreidearten (Gerste, Hafer) aus Gemengeanbau mit Körnerleguminosen (Ackerbohne, Erbse, Lupine) im Vergleich zur Reinsaat des Sommergetreides sind von verschiedenen Autoren ermittelt worden (DAHLMANN & VON FRAGSTEIN UND NIEMSDORFF 2005, HÄNSEL 2004, HAUGGAARD-NIELSEN et al.

2006, JENSEN 1986, JENSEN et al. 2005, PRINTS & DE WIT 2006, SCHMIDTKE 2004). Allerdings lagen nur aus einer Arbeit Hinweise vor, dass dieses auch im Gemenge einer winterannuellen Körnerleguminosenart (Ackerbohne) zu einem Anstieg des Proteingehaltes im Korn des Winterweizens im Vergleich zur Reinsaat kommen kann (BULSON et al. 1997). Variiert wurde in dieser Studie der Saatanteil des Weizens und der Ackerbohne, so dass mit einem Rückgang des Kornertrages des Weizens im Gemenge ein Anstieg des Kornproteingehaltes zu verzeichnen war. Bisher nicht geprüft wurde, ob neben der Ackerbohne auch die Erbse als Gemengepartner zu Weizen geeignet ist, welchen Einfluss die Standortzuteilung im Gemenge auf die Ertragsbildung und die Backeignung des Getreides hat und inwieweit nicht nur der Proteingehalt im Weizenkorn als indirekter Parameter der Backeignung sondern die Backfähigkeit des Weizens durch einen Anbau im Gemenge mit winterannuellen Körnerleguminosen im Vergleich zur Reinsaat unter Anbaubedingungen des ökologischen Landbaus modifiziert wird.

Der Winterweizen im Gemenge mit Winterackerbohne oder Wintererbse erzielte in der Regel höhere Proteingehalte im Korn als bei einer Reinsaat mit normaler Saatstärke des Weizens (vgl. Tab. 26). Der Anbau des Weizens im Gemenge mit Körnerleguminosen scheint deshalb grundsätzlich verfahrenssicherer zur Erzeugung hoher Proteingehalte im Korn zu sein als der alleinige Anbau mit weitem Reihenabstand. Für den ökologischen Landbau ist dies mit einem direkten Nutzen verbunden, indem eine weitere Möglichkeit zur Erzeugung hoher Proteingehalte beim Weizen insbesondere für viehlos wirtschaftende Betriebe durch die vorliegende Untersuchung entwickelt wurde. Der Anteil der Betriebe ohne Tierhaltung im ökologischen Landbau gewinnt zunehmend an Bedeutung. SCHMIDT (2004) gibt für Deutschland Mitte der neunziger Jahre Anteile zwischen 20 und 50 % der Öko-Betriebe als viehlos wirtschaftend an.

Darüber hinaus bringt der Gemengeanbau eine Reihe an Vorteilen mit sich. So wird häufig von einem Mehrertrag des Gemenges im Vergleich zu den entsprechenden Reinsaaten berichtet (HOF & RAUBER 2003a, TRENBATH 1974, VANDERMEER 1989, WILLEY 1979). Weiterhin sind Gemenge häufig ertragsstabiler durch Pufferung biotischer und abiotischer Stressfaktoren mittels Kompensation ausfallender Pflanzen. Es sind hier weniger Ertragsverluste oder Totalausfälle als in Reinsaaten zu verzeichnen (AUFHAMMER 1999, FINCK et al. 2000, GLIEMEROTH 1949, WOLFE 1985). Im Gemenge kann die Qualität der Ernteprodukte eines oder mehrerer Komponenten verbessert sein (HARTLEB & SKADOW 1990, JENSEN et al. 2001, LEHMANN & MEISTER 1982, RAMGRABER et al. 1990a). Darüber hinaus kön-

nen biotische Schadfaktoren, wie z. B. Schädlinge (RISCH et al. 1983), Krankheiten (WOLFE 1985) und Unkräuter (BULSON et al. 1997) im Gemenge in vielen Fällen besser abgewehrt werden als in Reinsaat. Lager anfällige Feldfrüchte wie z. B. die Erbse oder Linse finden im Gemenge Stützfrüchte vor (GLIEMEROTH 1949). Durch Gemengeanbau mit Nichtleguminosen sowie Untersaaten können Nährstoffverluste reduziert werden (KÖPKE & JUSTUS 1995).

Kornerträge

Die Kornerträge der 20 % Reinsaaten des Weizens lagen an den Standorten Stöckendrebber im Jahr 2004 sowie Reinshof im Jahr 2004 und 2005 mit im Mittel 12,3, 43,2 und 33,7 dt TM ha⁻¹ tendenziell über denen der 100 % Reinsaaten mit im Mittel 10,0, 37,4 und 30,4 dt TM ha⁻¹ (vgl. Abb. 5 und 6). Höhere Kornerträge in Dünnsaaten im Vergleich zu Dichtsaaten sind in der Literatur eher selten zu finden. Vielmehr führte die Reduzierung der Saatstärke bei gleichem oder weiterem Reihenabstand zu gleich hohen oder signifikant geringeren Kornerträgen bei gleich hohen oder signifikant höheren Qualitäten des Weizens (NEUMANN et al. 2003, POMMER 2003a, SCHIMMEL 2003, BECKER & LEITHOLD 2003a, RICHTER & DEBRUCK 2001). In den Versuchen von POMMER (2003a) führte die Verminderung der Saatstärke um 25 und 50 % zu keiner signifikanten Veränderung des Kornertrages des Weizens. Dabei hatten die Witterung, d. h. der Jahreseffekt, der Standort und die Sorte einen größeren Einfluss auf die Höhe des Kornertrages als die Saatstärke (POMMER 2003a). Die Um- und Einlagerung von Assimilaten in das Korn erfolgte in den 20 % Weizenreinsaaten effizienter als bei den 100 % Reinsaaten. So lag der Harvestindex (Verhältnis Korn zu Gesamtsprossmasse) bei den 20 % Reinsaaten mit im Mittel 0,41, 0,40 und 0,35 (Standort Reinshof in den Jahren 2004 und 2005, Stöckendrebber im Jahr 2004) über dem Harvestindex der 100 % Reinsaaten mit im Mittel 0,36, 0,38 und 0,27 (vgl. Tab. 14). Während sich die Anzahl Pflanzen und die Tausendkornmasse im Vergleich zu den Dichtsaaten wenig veränderte, erfolgte die Kompensationsleistung des Weizens in den Dünnsaaten (20 % Reinsaaten) über die Anzahl Ähren pro m², Körner pro Ähre sowie Ähren pro Pflanze (Bestockung). So war die Bestockung des Weizens in den 20 % Reinsaaten mit im Mittel 4,6, 4,0 und 2,0 Ähren pro Pflanze (Standort Reinshof in den Jahren 2004 und 2005, Stöckendrebber im Jahr 2004) deutlich höher als in den 100 % Reinsaaten mit im Mittel 1,3, 1,3 und 0,8 (vgl. Tab. 22). Dies führte dazu, dass die Anzahl Ähren pro m² nicht so stark reduziert waren, wie es zu erwarten gewesen wäre. Der Weizen erzielte hier in den 20 % Reinsaaten noch 70,8, 71,1 und 50,6, % der Anzahl Ähren pro m² gegenüber den 100 % Reinsaaten. Die Anzahl Körner pro Ähre des Weizens war in den

20 % Reinsaaten mit im Mittel 49,1, 44,0 und 28,7 deutlich erhöht im Vergleich zu den 100 % Reinsaaten mit im Mittel 28,6, 32,2 und 13,3 (Standort Reinhof in den Jahren 2004 und 2005, Stöckendrebber im Jahr 2004; vgl. Tab. 24). Ähnlich hohe Kompensationsleistung des Weizens fanden auch andere Autoren (NEUMANN 2005, POMMER 2003b, RICHTER & DEBRUCK 2001). Eine nur 20 prozentige Reduzierung der Anzahl Ähren pro m² und somit eine weniger starke Reduzierung als erwartet, fand POMMER (2003b) bei einer bis zu 50 %-igen Reduzierung der Saatstärke des Weizens. Die Erhöhung der Anzahl Ähren pro Pflanze sowie Körner pro Ähre des Weizens wurden bei RICHTER & DEBRUCK (2001) bei weiteren Reihenabständen bis zu 37,5 cm und verringerter Aussaatstärke um bis zu 50 % im Vergleich zu einer Normalsaat ermittelt. Tendenziell war dabei auch die Tausendkornmasse des Weizens erhöht. Eine höhere Anzahl Körner pro Ähre bei reduzierter Aussaatstärke fand auch NEUMANN (2005).

BAEUMER (1992) beschreibt die Wirkung der Saatstärke und des Reihenabstandes auf die Höhe des Kornertrages des Weizens wie folgt: Der Flächenertrag ist umso größer, je gleichmäßiger die Einzelpflanzen im Raum verteilt sind. Der Einfluss der Saatstärke ist umso geringer, je enger der Reihenabstand ist. Bei weiteren Reihen und hohen Aussaatstärken hemmt die frühzeitig einsetzende intraspezifische Konkurrenz innerhalb der Reihe die Ertragsbildung der Pflanze. Diese Regel gilt für Licht als begrenzenden Faktor der Ertragsbildung. Bei begrenztem Wasser- und Nährstoffvorrat des Bodens kann eine Anordnung in Reihen einer Gleichstandsart (symmetrisch gleichmäßige Verteilung der Pflanzen im Raum) überlegen sein. Bei gleichmäßiger Standraumzuteilung werden die Wasser- und Nährstoffvorräte gleichmäßig und rasch aufgenommen und frühzeitig erschöpft. Dies führt zu einer hohen vegetativen Masse, allerdings mit nicht mehr befriedigender Kornproduktion. In Reihen bei gleicher Saatstärke begrenzen sich die Pflanzen zunächst durch Lichtkonkurrenz in ihrem vegetativen Wachstum. Wasser und Nährstoffe werden nicht so rasch ausgeschöpft und können zu späteren Entwicklungsphasen bereitstehen (BAEUMER 1992). In den 20 % Reinsaaten des vorliegenden Versuches ist davon auszugehen, dass die intraspezifische Konkurrenz zwischen den Weizenpflanzen zu einem späteren Zeitpunkt einsetzte als in den 100 % Reinsaaten. Dies führte zu einer höheren Bestockung durch eine längere Bestockungsdauer. Wie an den höheren N_{\min} -Vorräten im Boden der 20 % Reinsaaten im Vergleich zu den 100 % Reinsaaten des Weizens zur Bestockung (BBCH 25) zu erkennen war (vgl. Abb. 17, 18 und 19), haben die Dünnsaaten des Weizens den vorhanden mineralischen Bodenstickstoff zu einem späteren Zeitpunkt genutzt. Daher könnte durch eine bessere Stickstoffversorgung in geringerem Umfang eine Reduzierung

der Ährchenanlagen stattgefunden haben als in den Normalsaaten. So wird von einer Reduzierung der Ährchenanlagen durch mangelnde Zufuhr an Assimilaten während der Blüte um bis zu 20 % berichtet (DIEPENBROCK et al. 1999). Der Einzelpflanze stand in den 20 % Reinsaaten anteilig mehr mineralischer Bodenstickstoff zur Verfügung als in den 100 % Reinsaaten. Das erhöhte Nährstoffaneignungsvermögen der Einzelpflanze in Dünnsaaten durch ein verbessertes Wurzelsystem kann eine entscheidende Rolle spielen (STÖPPLER et al. 1989). Im vorliegenden Versuch ist das Unkrautauflkommen durch Hacken reduziert worden. Diese Unkrautregulierung wird eine Bestandesführung in Beständen mit stark reduzierter Saatstärke des Weizens in Reinsaat im ökologischen Landbau erst ermöglichen haben. Der Anbau von Winterweizen mit nur 20 % der ortsüblichen Aussaatstärke kann nur empfohlen werden, wenn die mechanische Unkrautregulierung in den Dünnsaaten entsprechend intensiviert wird (z. B. durch Hacken). Das Hacken regt zudem die Mineralisation (Belüftung und Erwärmung, NEUERBURG 1992) an und kann je nach Intensität Einfluss auf die Höhe des Kornertrages haben (NEUMANN et al. 2003).

Der Weizen erzielte in den Gemengen mit der Ackerbohne einen um 32,2, 24,9, 42,3, 66,3, 66,7 und 46,2 % (vgl. Abb. 5 und 6) geringeren Kornertrag als in den 20 % Reinsaaten mit gleicher Aussaatstärke von 60 keimfähigen Körnern pro m² (Ergebnisse von den Standorten Reinshof, Stöckendrebber und Deppoldshausen der Jahre 2004 und 2005). Im Gemenge mit der Erbse war die Reduzierung des Kornertrages des Weizens bezogen auf die 20 % Reinsaaten an den Standorten Reinshof und Deppoldshausen in den Jahren 2004 und 2005 mit 57,4, 91,1, 104,2 und 74,0 % nicht so stark wie in den Gemengen mit der Ackerbohne. In den Jahren 2004 und 2005 war am Standort Stöckendrebber die Reduzierung des Kornertrages des Weizens in den Gemengen mit Erbse mit 44,7 und 61,6 % ähnlich hoch wie in den Gemengen mit der Ackerbohne. An den Standorten Reinshof und Deppoldshausen gab es im Jahr 2004 in den Gemengevarianten mit alternierenden Reihen und Reihen-Streifen-Gemenge einen deutlich negativen Effekt der Handsaaten, der sich in einer geringen Bestandesdichte dieser Varianten zeigte (vgl. Abb. 5 und 6). Positiv für den Kornertrag des Weizens wirkte sich der fast vollständige Ausfall der Erbse am Standort Reinshof im Jahr 2005 durch den Befall mit der Grünen Erbsenblattlaus (*Acyrtosiphon pisum* Harris) und deren Übertragung des Scharfen Adernmosaik-Virus (pea enation mosaic virus, PEMV) aus.

Die Kornerträge der Leguminosen in den Gemengen waren ebenfalls geringer als in den jeweiligen Reinsaaten. Bei der Ackerbohne wurden im Gemenge im Mittel zwischen 60,3

und 83,2 % (Werte des Standortes Stöckendrebber in den Jahren 2005 und 2004) der Kornerträge der Reinsaat, bei der Erbse zwischen 52,9 und 85,7 % (Werte der Standorte Deppoldshausen im Jahr 2005 und Stöckendrebber im Jahr 2004) ermittelt (vgl. Abb. 5 und 6). Die Einzelerträge der Arten im Gemenge sind häufig geringer als in Reinsaat, da einerseits die Aussaatstärke reduziert ist und andererseits Konkurrenzeffekte wirken. Beispielsweise reduzierte sich in einem substitutiven Gemenge aus 67 % Erbse und 33 % Hafer der jeweiligen Reinsaatstärke der Kornertrag der Erbse von im Mittel 46,0 dt TM ha⁻¹ in Reinsaat auf 13,0 dt TM ha⁻¹ im Gemenge mit Hafer. Der Kornertrag des Hafers war ebenfalls im Gemenge mit im Mittel 41,0 dt TM ha⁻¹ im Vergleich zur Reinsaat mit 52,0 dt TM ha⁻¹ vermindert. Ähnlich verhielten sich die Sprosserträge (RAUBER et al. 2000). Dennoch erzielen Gemenge in der Regel einen relativen oder sogar absoluten Mehrertrag (TRENBATH 1974). Der relative Mehrertrag kann mit dem RYT angegeben werden. Der relative Vorteil der Gemenge zeigte sich im vorliegenden Versuch deutlich, da mit Ausnahme der Variante WA75/15 am Standort Reinshof in den Jahren 2004 und 2005 alle RYT-Werte über eins lagen und sich somit ein relativer Vorteil der Gemenge gegenüber den Reinsaat einstellte. Die hohen Reinsaatserträge der Ackerbohne führten dazu, dass diese Gemenge einen niedrigeren RYT aufwiesen als die Gemenge mit der Erbse insbesondere an den Standorten Reinshof und Deppoldshausen (vgl. Tab. 12). Der Standort Stöckendrebber wirkte sich mit seinem geringeren Wasserhaltvermögen eher ungünstig auf das Wachstum der Ackerbohne v. a. im Jahr 2004 aus. Hier war offensichtlich die Erbse der stärkere Konkurrent. Insgesamt lagen die RYT-Werte des Kornertrages am Standort Stöckendrebber deutlicher über eins (vgl. Tab. 12). Es wurden zum Teil sogar absolute Mehrerträge der Gemenge im Vergleich zu beiden Reinsaatserträgen festgestellt (vgl. Abb. 5 und 6). Hier bestätigte sich der Vorteil des Gemengebaus von Leguminosen und Nichtleguminosen auf schlechteren Standorten bzw. bei geringer bodenbürtiger Stickstoffversorgung oder ohne N-Düngung mit höheren RYT-Werten (ANDERSEN et al. 1983, JENSEN 1996). Ursache für den Mehrertrag ist eine komplementäre Nutzung der vorhandenen Wachstumsfaktoren z. B. Nährstoffe, Wasser und Licht (HAUGGAARD-NIELSEN & ANDERSEN 2000).

Neben der Konkurrenz innerhalb der Art (intraspezifisch) kommt es im Gemenge zur Konkurrenz zwischen zwei verschiedenen Arten (interspezifisch). Je verschiedener die Ansprüche der Arten an die Verfügbarkeit der Wachstumsfaktoren sind, desto höher ist die zu erwartende komplementäre Nutzung und desto geringer ist die Konkurrenz zwischen den Partnern (HAYNES 1980). In Gemengen aus Getreide und Körnerleguminosen ist das

Getreide als starker Konkurrent bekannt. Durch eine schnelle Jugendentwicklung kann Getreide eine Leguminose stärker beschatten. Außerdem besitzt Getreide im Vergleich zu Leguminosen eine hohe Konkurrenzfähigkeit um Nährstoffe im Boden (RAUBER et al. 2000). Die starke Konkurrenzfähigkeit des Getreides um Bodennährstoffe beschreibt auch JENSEN (1986). Er fand isotopenmarkierten Stickstoff zu 58 bis 70 % im Weizen und nur zu 2 bis 10 % in der Ackerbohne im Gemenge beider Arten wieder. Anhand der Verdrängungskoeffizienten konnte im vorliegenden Versuch gezeigt werden, dass der Weizen in der Regel der stärkere Konkurrent war mit Verdrängungskoeffizienten größer eins (vgl. Tab. 13). Nur im Jahr 2004 am Standort Deppoldshausen bei unzureichendem Feldaufgang des Weizens sowie bei den Handsaaten des Weizens am Standort Reinshof konnten keine hohen Verdrängungskoeffizienten des Weizens ermittelt werden.

Es konnte ferner gezeigt werden, dass der Weizen höhere Verdrängungskoeffizienten im Gemenge mit der Erbse als im Gemenge mit der Ackerbohne aufwies (vgl. Tab. 13). Bei der Ackerbohne wurden zum Teil ebenfalls Verdrängungskoeffizienten von größer eins ermittelt, wenn auch insgesamt die Verdrängungskoeffizienten der Leguminosen kleiner als die des Weizens waren und zumeist unter eins lagen. Die starke Konkurrenzkraft der Ackerbohne am Standort Reinshof konnte visuell in den Beständen bestätigt werden. Während die Erbse eher geringere Wuchshöhen als der Weizen aufwies, überwuchs die Ackerbohne den Weizen und übte somit vermutlich auch Lichtkonkurrenz aus. Ähnlich hohe Verdrängungskoeffizienten wie im vorliegenden Versuch fanden auch RAUBER et al. (2000) mit einem Verdrängungskoeffizient zwischen 7,18 und 8,70 beim Hafer und 0,172 bis 0,246 bei der Erbse in einem substitutiven Gemenge aus 33 % Hafer und 67 % Erbse. Im Gemenge aus Nacktgerste und Linse lagen der Verdrängungskoeffizient der Gerste im Mittel der geprüften Linsengenotypen bei 9,30 und der Verdrängungskoeffizient der Linsen im Mittel bei 0,09 bei substitutiven Gemengen mit 20 % Nacktgerste und 80 % Linsen (HOF 2002). Während in Körnerleguminosen-Getreide-Gemengen die Körnerleguminose in der Regel der konkurrenzschwächere Partner ist, scheint bei Futterbaugemengen die Leguminose eher der konkurrenzstärkere Partner zu sein (FRANKOW-LINDENBERG 1986, HAAS 2003, WINTER 1992, WUNDERLICH et al. 1992).

Darüber hinaus können zusätzliche Effekte im Gemenge den Mehrertrag erklären. So reagieren die Arten im Gemenge aufeinander. Durch ³²P-Markierungen fanden z. B. HAUGGAARD-NIELSEN et al. (2001) bei der Gerste ein schnelleres und tieferes Wurzelwachstum im Gemenge mit der Erbse als in Reinsaat. Beide Arten wiesen ein schnelleres laterales

ausgerichtetes Wachstum der Wurzeln auf. Dadurch wird zusätzlicher Bodenraum erschlossen. Ähnliches wird bei Deutschem Weidelgras im Gemenge mit Weißklee sowie Spitzwegerich im Gemenge mit Deutschem Weidelgras oder Gewöhnlichem Ruchgras berichtet (BOLLER & NÖSBERGER 1988, BERENDSE 1982). Ein Vorteil des Gemenges entsteht auch dann, wenn zusätzliche Nährstoffe für einen Partner bereitgestellt werden (N-Transfer, P-Mobilisierung). Aufgrund der effizienteren Nutzung vorhandener Wachstumsfaktoren und der daraus resultierenden relativen Mehrerträgen der Gemenge sowie einer besseren Ertragsstabilität der Gemenge ist der Gemengeanbau insbesondere für den ökologischen Landbau geeignet. Allerdings ist bei alleiniger Zielvorgabe der Erzeugung von Backweizen auf die geringen Einzelerträge des Weizens in den Gemengen hinzuweisen (vgl. Abb. 5 und 6). Die Gesamtdeckungsbeiträge der Gemenge wiederum zeigen standortabhängig die ökonomische Vorzüglichkeit des Gemengeanbaus gegenüber dem Anbau von Reinsaaten auf (vgl. Abb. 31 und 32).

Die Winterkörnerleguminosen erzielten in der Regel in den Gemengen mit Weizen geringere Kornerträge als in Reinsaat. Bei der Ackerbohne wurden im Mittel zwischen 22,6 dt TM ha⁻¹ im Gemenge am Standort Stöckendrebber (2004) und 67,3 dt TM ha⁻¹ in Reinsaat am Standort Reinshof (2004) und bei der Erbse im Mittel zwischen 4,2 dt TM ha⁻¹ (Reinsaat am Standort Reinshof im Jahr 2005) und 34,6 dt TM ha⁻¹ (Reinsaat am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005) geerntet (vgl. Abb. 5 und 6). Der Anbau von Körnerleguminosen spielt in ökologisch wirtschaftenden Betrieben eine wesentlich wichtigere Rolle als in konventionell wirtschaftenden Betrieben. Sommerformen der Körnerleguminosen werden beispielsweise auf Naturlandbetrieben auf ca. 11,0 % der Ackerfläche angebaut (VOGT-KAUTE 2004). Bei den Winterformen der Körnerleguminosen war zu Versuchsbeginn nur die Sorte Hiverna als Winterackerbohne mit einer Vermehrungsfläche von 2 ha zugelassen (BSA 2003). Als winterharte Sorten werden bei den Winterackerbohnen C de d'Or (Frankreich), Boxer und ThrowsMS (England) und Hiverna und Webo (Deutschland) bezeichnet (LINK 2004, BOND et al. 1994). Allerdings reicht die Winterfestigkeit der Ackerbohne für einen Anbau in Deutschland häufig nicht aus (HAUSER & BÖHM 1984, BOND et al. 1994). Weiterführend sei hier auf die BLE-Projekte 02OE451 Teilprojekt 1 und 2 sowie 03OE438 zur Züchtung von Winterackerbohnen für den ökologischen Landbau verwiesen (LINK 2004 und 2005, VOGT-KAUTE 2004), deren Ziel u. a. eine höhere Winterfestigkeit der entsprechenden Körnerleguminosen war. Das Ertragspotential von Winterackerbohnen liegt aufgrund der längeren Vegetationszeit um etwa 1/3 höher als bei Sommerackerbohnen (BOND 1985). Diese Feststellung findet eine Bestätigung auch für die Bedingungen im

ökologischen Landbau wie die Ertragsleistung der Winterackerbohne am Standort Reinhof im Jahr 2004 zeigen.

Seit dem Jahr 2005 ist die Wintererbsensorte EFB 33 als frohwüchsige, vollbeblätterte Sorte (wieder) zugelassen (VOGT-KAUTE 2005a). Diese Sorte ist deutlich winterhärter als andere westeuropäische Sorten (z. B. Cheyenne, Iceberg) und zeigte im relativ harten Winter des Jahres 2002/2003 eine Überwinterung von ca. 80 % (GRASS et al. 2005). Die Universität Kassel beschäftigt sich schon seit vielen Jahren mit der Wintererbse zur Biomassegewinnung sowohl in Reinsaat wie auch im Gemenge z. B. mit Winterroggen (GRAß 2003 und 2004, GRAß & SCHEFFER 2003a und 2003b, URBATZKA 2002, URBATZKA et al. 2005a und 2005b). Bis zur Druschreife ist die Wintererbse EFB 33 im Gemenge mit Winterroggen (substitutiv 50 % zu 50 %) aufgrund von Lager nur schwer zu führen (VOGT-KAUTE 2004). Kornerträge der Wintererbse im Gemenge zwischen ca. 5 dt ha⁻¹ bis zu ca. 40,0 dt TM ha⁻¹ sind dennoch möglich (URBATZKA et al. 2005b). Im vorliegenden Versuch wurden ähnlich hohe Erträge bei der Wintererbsensorte Cheyenne ermittelt (vgl. Abb. 5 und 6). Für den ökologischen Landbau ergibt sich mit der Entwicklung winterharter Körnerleguminosen eine weitere Möglichkeit Leguminosen in die Fruchtfolge zu integrieren. Vorteile der Winterkörnerleguminosen im Vergleich zu den Sommerformen liegen darin, dass bei der Fruchtfolgegestaltung die Palette an möglichen Früchten für einen Wechsel von Sommer- und Winterfrüchten erweitert wird, weniger krankheitsanfällige Sorten zum Einsatz kommen, ein höheres Ertragspotential (Korn- und Biomasse) besteht, eine weitere Eiweißquelle für die Fütterung erschlossen wird, eine Bodenbedeckung über Winter gewährleistet ist sowie geeignete legume Gemengepartner für Wintergetreide zur Verfügung stehen. Bei den vollbeblätterten Wintererbsentypen geben GRAß et al. (2005) darüber hinaus eine bessere Unkrautunterdrückung der wüchsigen Formen sowie eine vielseitige Nutzung als Grünfutter und Druschfrucht oder zur energetischen Biomasseverwertung an. Die hier untersuchten Bestände der halbblattlosen Erbsensorte Cheyenne wiesen hingegen ähnlich wie bei den Sommerformen eine starke Spätverunkrautung auf. Darüber hinaus kann der Befall mit Erbsenwickler auch bei den Winterformen in einigen Jahren sehr stark sein (VOGT-KAUTE 2004), wie auch die eigenen Ergebnisse gezeigt haben (vgl. Tab. 46, 47, 48 und 49). Der Einsatz von Tannin- und Vicin/Convicin-haltigen Ackerbohnen in der Fütterung von z. B. Legehennen und Mastgeflügel ist aufgrund der antinutritiven Wirkung begrenzt. Bei langsam wachsenden Mastbroilern sind aber sogar bis zu 30 % Ackerbohnen im Futter einsetzbar (ABEL & GERKEN 2004). Bei nicht allzu harten Wintern konnten auch mit den im Versuch eingesetzten Sorten der Winterackerbohne und Wintererbse gute

Ertragsleistungen erzielt werden (vgl. Abb. 5 und 6). Einschränkend muss aber betont werden, dass bei anhaltenden Frösten oder starkem Befall mit Erbsenwickler oder Viren die Ertragsleistungen der Wintererbse Cheyenne unbefriedigend ausfallen und deshalb die Sorte für einen Anbau in Deutschland nicht generell empfohlen werden kann.

Vorfruchtwirkungen der Gemenge auf Winterroggen

Nach den Erbsen- und Ackerbohnenreinsaaten wurde mit im Mittel über alle Standorte und Jahre mit 33,0 und 31,0 dt TM ha⁻¹ in der Regel der höchste Kornertrag des Roggens festgestellt (vgl. Abb. 13 und 14). Nach Anbau der Gemenge wurden etwas geringere Kornerträge des Roggens als nach den Reinsaaten der Körnerleguminose mit im Mittel über alle Standorte und Jahre von 28,5 und 30,0 dt TM ha⁻¹ bei den Ackerbohnen- und Erbsengemengen. Deutlich geringer fielen die Kornerträge des Roggens nach den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten mit im Mittel der Standorte und Jahre von 24,8 und 25,3 dt TM ha⁻¹ aus (vgl. Abb. 13 und 14). Die Proteingehalte des Roggens fielen insgesamt eher niedrig aus und unterschieden sich nicht zwischen den Anbauformen der Vorfrüchte. Dennoch wurden tendenziell der höchste Proteingehalt im Roggenkorn mit im Mittel über alle Standorte und Jahre mit 7,6 und 7,5 % nach den Erbsen- bzw. Ackerbohnenreinsaaten festgestellt (vgl. Abb. 15 und 16). Die Gemenge mit Ackerbohne und Erbse als Vorfrüchte führten zu 7,4 und 7,3 % Rohprotein im Roggenkorn im Mittel der Standorte und Jahre. Geringere Proteingehalte erreichte der Roggen nach den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten mit im Mittel der Jahre und Standort von 7,3 und 7,2 %.

Der Kornertrag sowie der Proteingehalt im Korn der Getreidenachfrucht nach Leguminosen fielen in einer Reihe von Untersuchungen im ökologischen Landbau höher aus als nach Nichtleguminosen. Beispielsweise ermittelten WICHMANN et al. (2005) signifikant höhere Kornerträge des Weizens mit 34,4 dt TM ha⁻¹ nach dem Anbau von Persischem Klee als nach Einjährigem Weidelgras mit 23,0 dt TM ha⁻¹. Das Gemenge aus Persischem Klee und Einjährigem Weidelgras führte zu einem Kornertrag des Weizens in Höhe von 30,6 dt TM ha⁻¹ und unterschied sich signifikant von beiden Reinsaaten. Die Proteingehalte im Weizenkorn erreichten Werte von 10,7, 10,2 und 9,8 % nach der entsprechenden Reinsaat des Perserischen Klees, des Gemenges und der Reinsaat des Einjährigen Weidelgrases. Die Unterschiede waren ebenfalls signifikant verschieden. Nach Erbsen, Ackerbohnen und Blaue Lupinen erzielte der Winterweizen ebenfalls mit 31,0, 33,2 und 38,1 dt TM ha⁻¹ signifikant höhere Kornerträge als nach Sommergerste und Hafer mit 21,4 und 23,7 dt TM ha⁻¹. Der Proteingehalt im Korn des Weizens war nur nach der Vorfrucht

Blaue Lupine mit 10,8 % signifikant höher als der nach Sommergerste und Hafer mit 10,0 und 10,2 % (WICHMANN et al. 2005). In den Versuchen von WICHMANN et al. (2003) war der Kornertrag des Winterweizens nach Körnererbse mit 36,6 dt TM ha⁻¹ signifikant höher als nach einem Gemenge aus Erbse und Gerste zur Ganzpflanzensilagenutzung und Gerste zur Körnernutzung mit 27,7 und 27,1 dt TM ha⁻¹. Den signifikant geringsten Kornertrag erbrachte der Weizen nach Gerste zur Ganzpflanzensilagenutzung mit 25,8 dt TM ha⁻¹. Die Rohproteingehalte des Weizens hingegen unterschieden sich nach den vier verschiedenen Vorfrüchten nicht signifikant voneinander und lagen zwischen 9,1 und 9,3 % (WICHMANN et al. 2003).

Die Ertragsleistung von Mais zur Silagenutzung war nach Wintererbse bei unterschiedlicher N-Düngung zu Mais stets höher als nach Gemengen aus Wintererbse und Winterroggen (GRAß & SCHEFFER 2003a). Der Knollenertrag von Kartoffeln war im Mittel über vier Versuchsjahre nach den Vorfrüchten Ackerbohne, Körnererbse, Buschbohne und Rotklee gras mit 310,0, 305,0, 305,0 und 302,0 dt ha⁻¹ signifikant höher als nach Sommerweizen mit 268,0 dt ha⁻¹ (PAFFRATH 2005). Der höhere Vorfruchtwert der Leguminosen und der Leguminosen-Nichtleguminosen-Gemenge im Vergleich zur Nichtleguminosenreinsaat wird durch verschiedene Effekte bedingt. So sind in der Regel die N_{min}-Mengen nach Leguminosen höher als nach Leguminosen-Nichtleguminosen-Gemengen und Nichtleguminosenreinsaaten (HOF 2002, NEUMANN 2001, REENTS & MÖLLER 2001, SCHMIDTKE 1997a). Diese geringere Nutzung des pflanzenverfügbaren Stickstoffes im Boden bezeichnet man als „N-Sparsamkeit“ der Leguminose (SCHMIDTKE & RAUBER 2000). Die N_{min}-Beprobungen zur Kornreife der Bestände (BBCH 89) in der vorliegenden Untersuchung zeigen an den Standorten Reinshof und Stöckendrebber in den Jahren 2004 und 2005 ebenfalls etwas höhere N_{min}-Gehalte der Leguminosenreinsaaten als der Gemenge auf (vgl. Abb. 17, 18, 19 und 20). Darüber hinaus beinhalten die Ernterückstände der Leguminosen höhere N-Mengen und weisen höhere N-Gehalte auf als die der Nichtleguminosen. WICHMANN et al. (2003) fanden signifikant höheren N-Mengen in den Ernterückständen mit 107 kg ha⁻¹ bei Erbsenreinsaaten als mit 20 kg ha⁻¹ bei Erbse-Sommergerste-Gemenge. Der Anteil Stroh- und Stoppel-N-Menge war dabei deutlich größer als der Anteil der Wurzel-N-Menge. In der Regel hinterließen auch im vorliegenden Versuch die Leguminosenreinsaaten höhere N-Mengen im Stroh (Ackerbohne: zwischen 42,8 und 90,6 kg N ha⁻¹; Erbse zwischen 19,7 und 43,4 kg N ha⁻¹) als jeweils die beiden Arten im Gemenge (Ackerbohnergemenge: zwischen 46,1 und 116,4 kg N ha⁻¹; Erbsengemenge: zwischen 24,5 und 54,4 kg N ha⁻¹; vgl. Abb. 23 bis 28). Beim Anbau von Leguminosen in Reinsaat, die offensichtlich den höch-

ten Vorfruchtwert erbringen, muss allerdings auf die Gefahr der N-Austräge mit dem Sickerwasser hingewiesen werden (KÖNIG 1995). So sind die N-Austräge auf Sandböden größer als auf Lehm-, Löß- und Tonböden (LÜTKE ENTRUP & STEMANN 1990). Wintergetreide ist im Herbst bei normalem Saattermin nicht mehr in der Lage, den Stickstoff nach Leguminosenreinsaaten vollständig aufzunehmen. Deshalb werden in der Praxis nichtlegume Zwischenfrüchte wie Senf oder Ölrettich zur Aufnahme des residualen Stickstoffs vor Winter empfohlen (REENTS & MÖLLER 2001). Zur Erzielung eines hohen Vorfruchtwertes der Gemenge sollte der Anteil der Leguminosen in der Mischung wie im vorliegenden Versuch mit einer Saatstärke in Höhe von 80 % der ortsüblichen Reinsaatstärke betragen. Gemenge können so eine hohe Vorfruchtwirkung bei gleichzeitig geringeren N_{\min} -Mengen im Boden und somit einer geringeren Gefahr des Austrags des Stickstoffes mit dem Sickerwasser gewährleisten.

Qualitäten Weizen

Untersuchungen zur Qualitätsverbesserung verschiedener Feldfrüchte durch Gemengeanbau führten bisher zu folgenden Ergebnissen: In Gemengen aus proteinreichen Leguminosen und kohlenhydratreichen Nichtleguminosen wird von sich qualitativ ergänzenden Trockenmassen berichtet (BLADE et al. 2001). Es wurde von höheren Gehalten an Protein, Phosphor und Kalium in Gräsern bei Anwesenheit einer Leguminose berichtet (LAMPETER 1967, LEHMANN & MEISTER 1982). Bei Getreide-Körnerleguminosen-Gemengen konnten beispielsweise JENSEN et al. (2001) eine signifikante Erhöhung des Proteingehaltes im Korn der Gerste von 7,2 % in Reinsaat auf 8,0 % im Gemenge mit Gerste feststellen. Der Proteingehalt der Erbse hingegen unterschied sich mit 23,0 % in Reinsaat nicht signifikant vom Proteingehalt der Erbse im Gemenge mit 23,8 %. In Gemengen aus Linse mit Nacktgerste konnten in der Regel höhere Tausendkornmassen beider Arten als in den jeweiligen Reinsaaten bestimmt werden. Damit erhöht sich die Qualität vermarktbarer Körner für die menschliche Ernährung (NEUMANN 2001, HOF 2002). Bei Sortenmischungen von Sommergerste konnten EBERT et al. (1984) eine Erhöhung des Vollkornanteils um im Mittel 9,4 % ermitteln, welcher für Brauzwecke bedeutsam ist. Das Gebäckvolumen im Rapid-Mix-Test war in den Versuchen von RAMGRABER et al. (1990a) sowohl bei Sortenmischungen von Futterweizensorten als auch Qualitätsweizensorten höher als der Erwartungswert des Gemenges. Neben der Mischsaat, den alternierenden Reihen, dem Reihen-Streifen-Anbau und dem Streifenanbau definieren ANDREWS & KASSAM (1976) auch den Staffelanbau mit zeitlich begrenztem Kontakt der Komponenten zu einem bestimmten Entwicklungsabschnitt als Gemenge. Hierzu zählen Untersaaten, Unterpflanzungen oder auch das

Bicropping. Der Anbau in weiter Reihe mit Untersaaten ist demnach als zeitlich begrenztes Gemenge einzustufen. Die Verbesserung der Kornqualität beim Weite Reihe Anbau sind allerdings eher Effekte der Veränderung der Reihenweite. Die Erhöhung des Reihenabstandes führte in einigen Untersuchungen zu einem höheren Proteingehalt im Korn des Weizens (NEUMANN et al. 2002 und 2003, SÖLLINGER 2003). Dagegen fanden POMMER (2003a) und BECKER & LEITHOLD (2003b) keine Veränderungen beim Kornertrag und Rohproteingehalt beim Vergleich einer normalen Drillsaat zum Anbau in weiter Reihe. Der Anbau in weiter Reihe erbrachte bei einem geringfügigen Ertragsverlust von 2 % keine verstärkte N-Einlagerung in das Korn (POMMER 2003a). Entscheidend für eine gute Backqualität sind vielmehr der Jahreseinfluss (BECKER & LEITHOLD 2003a, NEUMANN et al. 2003, POMMER 2003a) und die Sortenwahl (NEUMANN et al. 2003, POMMER 2003a). Durch die Kompensationsfähigkeit des Weizens hat nach Untersuchungen von NEUMANN et al. (2003) die Aussaatstärke keinen Einfluss auf die Backqualität des Weizens. Beim Bicropping wird Weizen in einen bereits bestehenden Weißkleebestand in ein durch eine Reihenfräse vorbereitetes Saatbett gesät. Der Rohproteingehalt des Weizens konnte hierbei auf bis zu 14,3 % gesteigert werden. Allerdings verminderte sich der Kornertrag um 75,0 % (NEUMANN et al. 2002).

In der vorliegenden Untersuchung wurden höhere Qualitäten des Weizens in den Gemengen mit Ackerbohne (Reinshof, Deppoldshausen) bzw. Erbse (Stöckendrebber) im Vergleich zu den Reinsaaten ermittelt (vgl. Kapitel 3.4). Der Proteingehalt des Weizenkornes lag im Mittel aller Standorte und Jahre bei den 100 % Reinsaaten bei 9,2 %, bei den 20 % Reinsaaten bei 10,0 %, bei den Gemenge mit Ackerbohne bei 12,3 % und bei den Gemengen mit Erbse bei 10,6 %. Im Mittel über die Anbauformen und Prüfumwelten wies der Weizen 10,3, 10,4 und 10,9 % Rohprotein im Korn bei 15, 30 und 75 cm Reihenweite auf. Dabei erreichte mit Ausnahme des Standortes Deppoldshausen im Jahr 2004 (Variante $W_{20/15}$ und $W_{20/75}$) keine Reinsaatvariante die geforderten Rohproteingehalte von 11,5 %. In der Regel wurden bei 75 cm Reihenabstand des Weizens im Gemenge (Reihenstreifen-Gemenge) die höchsten Proteingehalte gefunden. Am Reinshof wurden bis über 15,5 % Protein im Weizen aus Gemengeanbau mit der Ackerbohne ermittelt (vgl. Tab. 26). Der Vergleich der besten Gemengevariante mit der schlechtesten Reinsaatvariante ergibt eine Steigerung des Proteingehaltes des Weizens von bis zu 6,4 (2004) und 7,9 Prozentpunkte (2005 am Standort Reinshof), 3,9 (2004) und 3,2 Prozentpunkte (2005 am Standort Stöckendrebber) sowie 2,0 (2004) und 4,0 Prozentpunkte (2005 am Standort Deppoldshausen). Andere Autoren fanden ebenfalls eine Steigerung des Proteingehaltes beim Ge-

treide im Gemenge mit Körnerleguminosen von bis zu 3,8 Prozentpunkten (Tab. 56). Die Steigerungen des Proteingehaltes des Weizens aus Gemengeanbau mit Ackerbohne am Standort Reinshof lagen deutlich höher als die in der Literatur gefundenen Werte.

Tab. 56: Steigerung des Proteingehaltes (in Prozentpunkten) des Getreides im Gemenge im Vergleich zur Reinsaat des Getreides

Leguminose	Nichtleguminose	Proteinerhöhung der Nichtleguminose im Gemenge	Quelle
Erbse	Hafer	1,5 %	SCHMIDTKE 2004
Erbse	Weizen oder Gerste	2,9 %	HÄNSEL 2004
Ackerbohne, Erbse oder Lupine	Gerste	0,6 bis 3,8 %	JENSEN et al. 2005
Ackerbohne oder Erbse	Weizen oder Gerste	1,0 bis 1,5 %	DAHLMANN & VON FRAGSTEIN UND NIEMSDORFF 2005
Ackerbohne	Weizen oder Gerste	2,0	PRINTS & DE WIT 2006
Erbse	Weizen	0,4 bis 3,1 %	HAUGGAARD-NIELSEN et al. 2006

Die alleinige Reduzierung der Saatstärke des Weizens in Reinsaat führte in den eigenen Untersuchungen nur zu einer geringen Steigerung der Proteingehalte (vgl. Tab. 27). Bei um 50,0 % reduzierter Saatstärke gegenüber ortsüblicher Saatstärke fanden BECKER & LEITHOLD (2003b) und POMMER (2003b) ebenfalls geringe Steigerungen der Proteingehalte im Korn des Weizens. Ebenso war dies bei HAUGGAARD-NIELSEN et al. (2006) und NEUMANN (2005) bei um 75,0 und 66,6 % reduzierter Saatstärke der Fall. Signifikant höhere Proteingehalte bei Reduzierung der Saatstärke um 66,6 % und 50 cm Reihenabstand im Vergleich zur Normalsaatvariante mit ortsüblicher Saatstärke und 12,5 cm Reihenabstand fand SCHIMMEL (2003). Wie die eigenen Untersuchungen gezeigt haben, ist bereits mit der Rücknahme der Saatstärke ein leichter Anstieg im Rohproteingehalt des Kornes zu verzeichnen. Durch Änderung der Standraumzuteilung erfolgt dann noch eine weitere Erhöhung des Kornproteingehaltes. Der Effekt der Saatstärke und Standraumzuteilung ist in anderen Untersuchungen nicht systematisch getrennt worden, weil Saatstärke und Standraumzuteilung gemeinsam geändert wurden. BECKER & LEITHOLD (2003b) vermuten, dass es in ihren Untersuchungen nicht zu einer weiteren Steigerung der Proteingehalte im Korn kommen konnte, weil hier ein für die Bedingungen des ökologischen Landbaus schon sehr hoher Proteingehalt im Weizen bei Normalsaat zu verzeichnen war. In einem Umfang von 0,2 bis 1,4 % höheren Proteingehalt im Korn des Weizens bei Anbau mit weiten Reihen-

abstand gegenüber einer Normsaat wurde auch in anderen Arbeiten gefunden (BECKER-LEITHOLD 2003b, HILTBRUNNER et al. 2005, NEUMANN 2005, NEUMANN et al. 2003, RICHTER & DEBRUCK 2001 und SÖLLINGER 2003). Dagegen fanden POMMER (2003a) und SCHULZ & LEITHOLD (2004) keine höheren Gehalte an Protein im Korn des Weizens bei Vergrößerung des Reihenabstandes.

Die Korrelationen der Qualitätsparameter des Weizens zueinander waren in der Regel hoch signifikant positiv. Mit steigendem Proteingehalt wurden höhere Feuchtglutengehalte, SDS-Sedimentationswerte und Backvolumina im Mikro-Rapid-Mix-Test festgestellt. Insbesondere bei den Gehalten an Feuchtgluten waren die Korrelationen zum Proteingehalt sehr hoch (vgl. Tab. 53). So wurden im Mittel über alle Standorte und Jahre ein Gehalt an Feuchtgluten im Korn des Weizens von 20,4 und 21,3 % in den 20 % bzw. 100 % Reinsaaten sowie 29,4 und 26,3 % in den Gemengen mit der Ackerbohne und der Erbse ermittelt (vgl. Tab. 28). Im Mittel über die Anbauformen wurden in allen Prüfumwelten 23,3, 23,9 und 25,8 % Feuchtglutengehalt des Weizens bei 15, 30 und 75 cm Reihenabstand bestimmt (vgl. Tab. 29). Der höchste Gehalt an Feuchtgluten im Korn des Weizens wurde im Reihen-Streifen-Gemenge mit der Ackerbohne am Standort Reinshof im Jahr 2004 mit 41,3 % festgestellt. Der Gehalt an Feuchtgluten des Weizens aus den Gemengen mit Ackerbohnen kann somit als hoch, aus den Gemengen mit Erbse und bei 75 cm Reihenabstand als mittel sowie aus den Weizenreinsaaten und bei 15 und 30 cm Reihenabstand als niedrig eingestuft werden. Es ist darauf hinzuweisen, dass diese Einstufung allerdings standardgemäß für Typenmehl 550 vorgenommen wird (PAWELZIK 2003). Die vorliegenden Werte wurden jedoch mit Vollkornmehlen ermittelt, sodass bei der Einstufung der Mehle vermutlich eine Unterbewertung vorgenommen wurde. Hohe Klebergehalte geben einen Hinweis auf gute Backqualität (RYCHENER & TIÈCHE 1996), wobei zunächst die Klebermenge bestimmt wird. Im Gemenge aus Sommerweizen und Erbse fanden HAUGGAARD-NIELSEN et al. (2006) ebenfalls höhere Feuchtglutengehalte mit bis zu 29,7 % im Weizen (Saatanteile 25 % Weizen und 100 % Erbse der jeweiligen Reinsaatstärke) im Vergleich zu einem Gehalt an Feuchtgluten des Weizenkornes von 22,7 % aus Reinsaat. POMMER (2003b) stellte bei Reduzierung der Saatstärke des Weizens von 400 Körner/m² auf 300 und 200 Körner/m² eine Erhöhung der Feuchtglutengehalte von 22,5 auf 23,6 und 24,2 % fest. Die Erhöhung der Reihenweite auf 50 cm mit Untersaaten, welche gemulcht oder nicht gemulcht wurden, erhöhte die Feuchtklebergehalte des Weizens in zwei Variante (mit Mulchen) signifikant von 25,0 % in der Normsaatvariante mit 12,5 cm Reihenabstand und ohne Untersaat auf bis zu 27,9 % (BECKER & LEITHOLD 2003b). Die Erhöhung

der Reihenweite in den Versuchen von SÖLLINGER (2003) führten ebenfalls zu einer Erhöhung der Feuchtglutengehalte von 20,9 % bei 12,5 cm Reihenweite auf 23,7 % bei 37,5 cm Reihenweite. Bei POMMER (2003b) hingegen erwies sich ein Anbau des Weizens in weiter Reihe (40 cm, 400 Körner/m²) als nicht wirksam auf den Gehalt an Feuchtgluten im Korn des Weizens.

Der Sedimentationswert gibt Aufschluss über die Klebermenge und Klebergüte und kann ein Indikator für die Backqualität sein (BECKER & LEITHOLD 2003b). In Deutschland wird derzeit mit dem Sedimentationswert nach Zeleny gearbeitet (ICC-STANDARD Nr. 116/1). Nach LINNEMANN (2001) ist der Sedimentationswert nach Zeleny mit der Proteinmenge, nicht aber mit der Proteinqualität korreliert. Hingegen kann mit dem SDS-Sedimentationswert besser auf die Backqualität geschlossen werden (LINNEMANN et al. 2002). Das SDS-Sedimentationsvolumen war im vorliegenden Versuch eng mit dem Proteingehalt, dem Feuchtglutengehalt und dem Volumen im Mikro-Rapid-Mix-Test korreliert (Ausnahme Weizenproben vom Standort Deppoldshausen im Jahr 2005, vgl. Tab. 53). Ebenfalls enge Korrelationen zwischen dem SDS-Sedimentationsvolumen und dem Rohproteingehalt bzw. dem Klebergehalt fand LINNEMANN (2001). Für die Bewertung der SDS-Sedimentationsvolumina können die Einstufungen nach Zeleny nur bedingt verwendet werden. Beim Sedimentationswert nach Zeleny beträgt das Gesamtvolumen der Suspension durch Zugabe der Analyselösungen maximal 75 ml, hingegen sind beim SDS-Sedimentationswert bis 100 ml Gesamtvolumen durch die Analyselösungen erreicht. Außerdem werden beim Sedimentationswert nach Zeleny 3,2 g Mehl und beim SDS-Sedimentationswert 6,0 g Mehl eingewogen (ICC-STANDARDS Nr. 116/1 und 151). Somit kann der SDS-Sedimentationswert auch deutlich höher ausfallen als das Sedimentationsvolumen im Zeleny-Testverfahren. LINNEMANN et al. (2002) geben ein Optimum von 40 bis 60 ml Sedimentationsvolumen im SDS an. Im Mittel über alle Standorte und Jahre lag der SDS-Sedimentationswert des Weizens mit 63,5 und 68,0 ml im Mittel der 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten sowie 76,5 und 69,7 ml im Mittel der Gemenge mit Ackerbohne und Erbse über diesem Optimum (vgl. Tab. 30). Ebenso verhielt es sich bei Betrachtung des Einflusses der Reihenweiten auf das SDS-Sedimentationsvolumen des Weizens mit im Mittel über die Anbauformen sowie alle Standorte und Jahre mit 67,1, 68,3 und 72,9 ml bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand (vgl. Tab. 31). Am Standort Reinshof im Jahr 2005 betrug der maximale Wert 92,3 ml SDS-Sedimentationsvolumen des Weizens im Reihen-Streifen-Gemenge mit Ackerbohne. In der Literatur finden sich bisher keine Sedimentationswerte von Weizen aus Gemengeanbau mit Körnerleguminosen. Die alleinige

Reduzierung der Saatstärke führte bei POMMER (2003b) nur zu 1 bis 2 ml höheren Sedimentationsvolumen nach Zeleny des Weizens. Bei Weizen im System Weite Reihe konnten BECKER & LEITHOLD (2003b) einen signifikant höheren SDS-Sedimentationswert nach Zeleny bei alleiniger Erhöhung der Reihenweite ohne Untersaat von 32,2 ml bei Normalsaat mit 12,5 cm Reihenweite auf 38,0 ml bei 50 cm Reihenweite feststellen. Zwei Varianten mit einer Reihenweite von 50 cm und Untersaat mit Mulchen waren ebenfalls signifikant im Sedimentationsvolumen gegenüber der Normalsaatvariante erhöht. Bei SÖLLINGER (2003) waren die Sedimentationswerte der untersuchten Weizenproben aus einem Anbau mit weiter Reihe mit 37,9 und 41,4 ml bei 25,0 und 37,5 cm Reihenabstand gegenüber 34,4 ml bei Normalsaat mit 12,5 cm Reihenweite erhöht. POMMER (2003b) konnte keine Wirkung des Anbaus von Weizen in weiter Reihe im Vergleich zur Normalsaat auf den Sedimentationswert feststellen.

Standardbackversuche sind in Europa neben anderen Qualitätsparametern Basis für die Beurteilung von Brotgetreide und Mehlen bei Weizen und Roggen (SEIBEL et al. 1985). Kasten-Backversuche werden schon seit 1954 durchgeführt. Der Rapid-Mix-Test ist im Jahre 1971 eingeführt und seitdem immer weiter verbessert worden. Er wird normalerweise mit Auszugmehl durchgeführt. Aber bereits vor 1971 wurde mit Brötchen-Backversuchen gearbeitet (SEIBEL et al. 1985). Der Mikro-Rapid-Mix-Test ist speziell für kleine Versuchsmengen entwickelt worden und für die Weizenzüchtung sowie für wissenschaftliche Zwecke eine wertvoll Hilfe (KIEFFER et al. 1993). Die Konstanthaltung der Untersuchungsbedingungen ist bei kleinen Probenmengen allerdings schwierig (GÜNZEL 1981). Bei Vollkornmehlen besteht ein direkter Zusammenhang zwischen dem Feinheitsgrad der Vermahlung und dem Backergebnis (SEIBEL 1988). Die Zerkleinerungsart mit unterschiedlichen Mühlen beispielsweise Hammermühle, Steinmühle oder Walzenstuhl wirkt sich ebenfalls auf das Backvolumen aus (SEIBEL 1988). Auch ZWINGELBERGER et al. (1985) sprechen von einem bemerkenswerten Einfluss der Vermahlungsanlage auf des Verhalten des Mehles bei der Wasseraufnahme im Teig. Das Kneten und Nachkneten wirkt sich auf die Absorption des Wassers, die Benetzung der Mehlpartikel, das Lösen von z. B. mehlei-gem Zucker, das Quellen der Proteine und das Vernetzen der Proteine aus (ZEHLE 2001). Der Einsatz verschiedener Laborkneteter führte bei MORGENSTERN (1993) zu unterschiedlichen Volumenausbeuten im Backversuch. Darüber hinaus ist die exakte Zutaten-dosierung wichtig. Die Erhöhung der Zutaten Fett und Hefe steigern die Volumenausbeute, während die alleinige Erhöhung der Zugabe von Ascorbinsäure eine Reduzierung der Volumenausbeute bedingt. Vielmehr ist die Kombination mehrerer Parameter nötig, um zu

einer höheren Volumenausbeute zu kommen: Zum Beispiel die Erhöhung aller Zutaten Fett, Hefe, Zucker, Salz, Ascorbinsäure oder Verlängerung der Knetzeit und der Zeit der Endgare im Backofen. Eine Endgarezeit von mehr als 50 Minuten wiederum vermindert die Volumenausbeute (SEIBEL et al. 1985).

Im vorliegenden Versuch wurden im Mittel über die Reihenweiten an allen Standorten und Jahren im Mikro-Rapid-Mix-Test 260,1 und 262,7 ml Volumenausbeute je 100 g Weizenvollkornmehl aus den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten sowie 284,8 und 263,9 ml Volumenausbeute je 100 g Weizenvollkornmehl aus den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse ermittelt (vgl. Tab. 32). Im Mittel über die Anbauformen wurden 262,2, 266,0 und 276,0 ml Backvolumen je 100 g Weizenmehl bei 15, 30 und 75 cm Reihenweite über alle Standorte und Jahre bestimmt (vgl. Tab. 33). Den höchsten Wert erzielte der Weizen aus dem Reihen-Streifen-Gemenge mit der Ackerbohne am Standort Reinshof im Jahr 2004 mit 312,5 ml Backvolumen je 100 g Mehl. Diese Werte scheinen zunächst sehr niedrig zu sein. Beim üblichen Kastenbackversuch mit dem Mehltyp 550 und im Rapid-Mix-Test werden in der Ausprägungsstufe 5 (= mittel) 622 bis 651 ml Backvolumen je 100 g Mehl verlangt (BSA 2003). SEIBEL & STEPHAN (1985) fanden bei Kastenbackversuchen mit Vollkornmehlen aus konventionellem Anbau gegenüber einem Backtest mit Mehlen der Type 550 etwa halbierte Backvolumina bei den Tests mit Vollkornmehlen. Die Volumenausbeute in den Versuchen von STEIN-BACHINGER (1993) betragen bei dem Mehltyp 550 ohne Stallmistkompost und ohne Jauchegabedüngung 524,0 ml je 100 g Mehl, während dies beim entsprechenden Vollkornmehl nur 312,0 ml je 100 g Mehl waren. In den Versuchen von BERG et al. (2003) zeigte sich eine eindeutige Abstufung in der Reihenfolge der Volumenausbeute: Mehl Typ 550 > Vollkornmehl > Vollkorn-Feinschrot. Aufgrund des höheren Schalenanteils betrug die Volumenausbeute der Vollkornmehle nur 350 bis 450 ml je 100 g Mehl (BERG et al. 2003). Befriedigende Backvolumina sind somit bei ca. 300 ml je 100 g Vollkornmehl zu erwarten. Demnach erreichte nur der Weizen aus dem Gemenge mit der Ackerbohne gute Backvolumina (vgl. Tab. 32). In der Literatur finden sich bisher keine Werte zum Backvolumen von Weizen aus Gemengeanbau mit Körnerleguminosen.

Die alleinige Reduzierung der Saatstärke des Weizens führte bei POMMER (2003b) zu Änderungen im Backvolumen von 599,0 ml je 100 g Mehl (Normalsaatstärke) auf 608,0 und 613,0 ml je 100 g Mehl bei einer Reduzierung der Saatstärke auf 25 % und 50 % (Backtest mit Mehltyp 550). Der Anbau des Weizens in weiter Reihe erbrachte 615,0 ml Volumenausbeute je 100 g Mehl (POMMER 2003b). Das Backvolumen wurde in den Versuchen von

BECKER & LEITHOLD (2003b) von 555,0 ml je 100 g Mehl bei normaler Reihenweite (12,5 cm) auf 607,5 ml je 100 g Mehl bei 50 cm Reihenweite ohne Untersaat und auf 608,0 ml je 100 g Mehl bei 50 cm Reihenweite mit Untersaat und Mulchen erhöht (Backtest mit Mehltyp 550).

Die tendenziell etwas besseren Qualitäten in den Dünnsaaten des Weizens (20 % Reinsaaten) bei gleich hohen oder sogar höheren Kornerträgen des Weizens (vgl. Tab. 26, 28, 30 und 32, Abb. 5 und 6) können möglicherweise mit einer längeren Kornfüllungsdauer bei Abreife der einzelnen Nebentriebe begründet werden, die im Vergleich zu den Normalsaaten eine anteilig höhere N-Aufnahme zur Kornfüllung und somit zur Qualitätsbildung führten. In den dünneren Beständen lag für die Einzelpflanze anteilig mehr Stickstoff vor. Das erhöhte Nährstoffaneignungsvermögen der Einzelpflanze kann aufgrund eines verbesserten Wurzelsystems entscheidend sein (STÖPPLER et al. 1989). Die Abreifetemperatur ist nach UHLEN et al. (1998) positiv mit der Proteinqualität des Weizenkornes korreliert. Möglicherweise war die Abreifetemperatur auf Höhe der Ähren in den Dünnsaaten etwas höher als bei den Normalsaaten. Darüber hinaus scheint es einen hohen Jahreseinfluss zu geben. Es wird von proteinqualitätsstarken Jahren gesprochen (RYCHENER & TIÈCHE 1996). Auch KÜHLSEN (2001) fand einen hohen Standort- und Jahreseinfluss auf die Klebergehalte beim Weizen. Ebenso vertritt POMMER (2003b) die Ansicht, dass einen größeren Einfluss der Witterung (Jahr), des Standortes und der Sorte auf das Kornertragsniveau besteht als der Einfluss der Saatstärke. Der Einfluss des Jahres und der Sorte auf den Proteingehalt und die Gliadin- und Gluteninfraktionen waren ebenso bei JÄGER & TRAUTZ (2002) gegeben. Die beiden Versuchsjahre 2003/04 und 2004/05 sind bezüglich Temperatur und Niederschlag als günstig für die Entwicklung des Weizens zu bezeichnen. Die milden Winter, warme Monate April, Mai und Juli sowie insgesamt hohe Niederschläge insbesondere im Monat Mai (vgl. Abb. 2 und 3) begünstigten das Wachstum und die Abreife der Bestände. Dies gilt für das erste Versuchsjahr stärker als für das zweite. Offensichtlich konnten die Dünnsaaten des Weizens von den günstigen Witterungsbedingungen stärker profitieren als die Normalsaaten. In den Reinsaaten des Weizens lassen sich die etwas bessere Qualitäten bei 75 cm Reihenabstand möglicherweise durch die mechanische Unkrautregulierung begründen. Es wurde zwar versucht, die Prüfglieder gleich zu behandeln, allerdings konnte bei den Reinsaaten mit 15 cm Reihenweite nur ein 7,5 cm breites Hackmesser, bei den 30 cm Reihenweiten ein 12,5 cm breites Hackmesser und bei 75 cm ein 17,5 cm (drei Überfahrten) breites Hackmesser an der Rollhacke zum Einsatz kommen. Rein rechnerisch ergibt sich daraus, dass bei 15 und 30 cm nur 48,0 und 45,1 % der Boden-

oberfläche in den Parzellen gehackt wurden, während es bei 75 cm Reihenabstand des Weizens in Reinsaat 63,1 % waren. Die Intensität des Hackens hat einen positiven Einfluss auf die Mineralisation und den Kornertrag (NEUMANN et al. 2003, RICHTER & DEBRUCK 2001) sowie auf die Unkrautunterdrückung (MELANDER et al. 2003). Somit könnten die Effekte des Hackens bezüglich Mineralisation und Unkrautregulation verstärkt in den 75 cm Weizenreinsaaten stattgefunden haben.

In den Gemengen konnten bei Rückgang des Ertrages des Weizens im Vergleich zur Reinsaat verbesserte Qualitäten des Weizens festgestellt werden. Grundsätzlich können Komplementäreffekte im Gemenge zu einer besseren Ausnutzung der vorhandenen Wachstumsfaktoren führen, indem die Arten Nährstoffe zu unterschiedlichen Zeiten oder in unterschiedlichen Bodentiefen beanspruchen (HAUGGAARD-NIELSEN & ANDERSEN 2000). Aufgrund der stärkeren Konkurrenzkraft des Weizens, wie an den hohen Verdrängungseffizienten zu erkennen ist (vgl. Tab. 13), und des Konkurrenzvorteils des Getreides gegenüber Bodenstickstoff (RAUBER et al. 2000), kann angenommen werden, dass sich der Weizen im Gemenge vorhandenen Bodenstickstoff aneignet hat. Dabei übten die Körnerleguminosenarten Winterackerbohne und Wintererbse in unterschiedlichem Maße Konkurrenz auf den Weizen aus. Dies führte möglicherweise dazu, dass der Weizen im Vergleich zu den Reinsaaten erst zu einem späteren Zeitpunkt den verfügbaren Bodenstickstoff nutzen konnte. Später in der Vegetation aufgenommener Stickstoff steht für höhere Qualitätsbildung als für Kornertrag zur Verfügung (DIEPENBROCK et al. 1999, KÜBLER 1994, THORSTED et al. 2006). Die höheren N_{\min} -Vorräte in den Gemengen im Jahr 2004 im Vergleich zu den Weizenreinsaaten stützen diese These (vgl. Abb. 17 und 19). Insbesondere in den Reihen-Streifen-Gemengen konnte unter den Leguminosen zur Blüte ein höherer N_{\min} -Vorrat festgestellt werden als im Reihenzwischenraum der Weizenreinsaaten bei 75 cm Reihenabstand. Dieser Stickstoff stand dem Weizen zur Kornfüllung zur Verfügung. Der höhere Anteil Stickstoff aus der Luft (N_{dfa}) im Korn der Leguminosen in den Gemengen (vgl. Tab. 39) ist ein weiteres Indiz für die Konkurrenzkraft des Weizens, der die Leguminosen im Gemenge zwingt, anteilig mehr Stickstoff aus der Luft aufzunehmen. Dennoch nahmen auch die Körnerleguminosen Bodenstickstoff auf (vgl. Abb. 23 bis 28).

Darüber hinaus können im Gemenge weitere Effekte zu einer verbesserten Qualität des Weizens beigetragen haben. Möglicherweise wurde zusätzlicher Bodenraum erschlossen (HAUGGAARD-NIELSEN et al. 2001). Zusätzlicher Luftstickstoff, der über N-Transfer im Weizen nachweisbar war (vgl. Tab. 41 und 42), kann als ein weiterer Grund für die verbesser-

te Qualität des Weizens im Gemenge genannt werden. Die interspezifische Konkurrenz zwischen dem Weizen und den Körnerleguminosen führte zu geringeren Kornerträgen. Die geringeren Kornerträge waren eng mit einem höheren Proteingehalt im Korn korreliert (Konzentrationseffekt). Diesen grundsätzlichen Zusammenhang beschreibt auch SPANAKAKIS (2000). Das Zuchtziel Proteinertrag zur Verbesserung der N-Effizienz als Produkt des Kornertrages und des Proteingehaltes ist nur schwer zu erreichen, da eine negative Korrelation zwischen den beiden Parametern besteht. Diese negative Beziehung war umso enger, je niedriger die Stickstoffversorgung war (SPANAKAKIS 2000). Die Korrelationen wurden aus den Mittelwerten über zwei Jahre und zwei Orte von 12 Weizensorten bei einer mineralischen N-Düngung von 0, 100 und 200 kg N ha⁻¹ dargestellt. Die Korrelationskoeffizienten lagen bei $r = -0,81^{**}$ (0 N), $r = -0,85^{**}$ (100 N) und $r = -0,57^{**}$ (200 N). Dabei wurden erst bei sehr einer hohen N-Stufe (200 N) hohe Kornerträge zwischen 80 und 100 dt TM ha⁻¹ mit hohen Proteingehalten von 11,5 bis 14,0 % erreicht (SPANAKAKIS 2000).

Hohe Proteingehalte im Weizenkorn aus dem Gemenge hatten hohe Backqualitäten zur Folge. Die positiven Korrelationen der Proteingehalte mit den Qualitätsparametern Feuchtglutengehalt, SDS-Sedimentationswert und Mikro-Rapid-Mix-Test zeigen einen engen Zusammenhang auf (vgl. Tab. 53). BERG et al. (2003) fanden ebenfalls eine positive Korrelation zwischen dem Proteingehalt und der Volumenausbeute in Höhe von $r = 0,728$ bei Vollkornmehlen und $r = 0,678$ bei Mehlen des Typs 550. Die Qualität des Weizens wird durch die Proteinfraktionen Gliadine (Prolamine) und Glutenine (Gluteline), den so genannten Kleberproteinen gebildet. Weizenproteine bestehen zu 20 bis 30 % aus den konstruktiven Proteinen Albumin und Globulin und zu 70 bis 80 % aus Kleberproteinen (LINNEMANN et al. 2002). BELITZ & GROSCH (1992) geben beim Weizen einen Gehalt von 14,7 % Albumine, 7,0 % Globuline, 32,6 % Gliadine und 45,7 % Glutenine bezogen auf die Proteinverteilung der Osborne-Fractionen an. Gliadine sind monomere Proteine mit geringeren Molekulargewichten zwischen 25.000 und 75.000 d (Dalton). Hingegen spricht man bei Glutenine von aggregierten Proteinen mit einem Molekulargewicht von > 100.000 d bei den löslichen Gluteninen und $> 1.000.000$ d bei den unlöslichen Gluteninen. Gluten ist das einzige Getreideprotein, dass nach der Hydratisierung agglomeriert und ein viskoelastisches Gitter bildet, welches Gase im Teig zurückhält (GILLIARD 2005). Dies Unterfraktionen werden auch als LMW = low molecular weight und HMW = high molecular weight bezeichnet (GILLIARD 2005, JÄGER & TRAUTZ 2002, LINNEMANN et al. 2002). Der unlösliche Teil der Glutenine, das Gluteinen-Makropolymer (GMP), kann bei höheren Proteingehalten

wie z. B. 10,5 % bei der Sorte Bussard einen Anteil von bis zu 17,3 % ausmachen (LINNEMANN 2001).

Alpha, Beta und Gamma-Gliadine sind schwefelreich und auch bei den Gluteninen gibt es schwefelreiche und schwefelarme Gruppen. Die Netze entstehen durch intramolekulare Disulfid-Brücken innerhalb der Gliadinfraktionen, intermolekulare Disulfidbrücken zwischen Gliadinen und Gluteninen (Einbau der Gliadine in das Gluteningerüst), Wasserstoffbrückenbindungen und hydrophoben Wechselwirkungen. Gliadine tragen zur Ausdehnungsfähigkeit der Mehle bei und sind eher viskos. Glutenine tragen zur Festigkeit und den elastischen Eigenschaften des Teiges bei (GILLIARD 2005, LINNEMANN 2001). Bei hohen Proteingehalten kommt es offenbar zu einer Änderung der Anteile der Proteinfractionen. Bei der Sorte Bussard ermittelte LINNEMANN (2001) einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,53^{***}$ zwischen dem Gliadin/Glutenin-Proteingehalt und dem Anteil am Rohproteingehalt, während der Anteil Albumine und Globuline sank mit steigendem Proteingehalt ($r = - 0,55^{***}$). Dieser Zusammenhang könnte die höheren Feuchtgluteingehalte und die grundsätzlich besseren Sedimentationsvolumen und Backvolumen des Weizens aus Gemengeanbau mit Körnerleguminosen erklären, die in der vorliegenden Arbeit beobachtet wurden. Neuere Untersuchungen in der Gemengeforschung zeigen, dass nicht nur der N-Gehalt sondern auch der S-Gehalt im Weizenkorn aus Gemengeanbau gegenüber dem Anbau in Reinsaat höher ausfallen kann. Dies war sowohl bei Sommerweizen im Gemenge mit Ackerbohne als auch bei Winterweizen im Gemenge mit Winterackerbohne oder Wintererbse in den Ländern Dänemark, Deutschland, England, Frankreich und Italien der Fall. Beispielsweise erhöhte sich im Mittel der N-Gehalt im Korn von 1,72 % bei Reinsaat des Sommerweizens auf 1,99 und 1,94 % in den Varianten additives Gemenge aus 100 % Weizen mit 100 % Ackerbohne sowie substitutives Gemenge aus 50 % Weizen und 50 % Ackerbohne. Der S-Gehalt im Korn stieg von der Weizenreinsaat mit im Mittel 0,132 auf 0,155 und 0,150 % bei den additiven und substitutiven Gemengen an. Das Verhältnis von N zu S erhöhte sich jedoch dabei von im Mittel 13,3 in der Weizenreinsaat auf 13,7 und 13,8 in den additiven und substitutiven Gemengen, aufgrund der stärkeren Zunahme des Anteils N als des Anteils S im Korn (KASYANOVA et al. 2006). Die schwefelreichen Proteine sind rheologisch bedeutend und tragen über Disulfidbrückenbindungen zur Elastizität des Teiges bei (BELITZ & GROSCH 1992, ZHAO et al. 1999). Die verbesserten Qualitäten des Weizens aus Gemengeanbau im vorliegenden Versuch könnten ebenfalls zum einen durch höhere Schwefelgehalte zum anderen durch ein engeres N- zu S-Verhältnis im Korn bedingt gewesen sein.

Phosphor in Form von Ribonucleinsäure (RNS) ist maßgeblich an der Synthese von Proteinen beteiligt (AMBERGER 1979). Im Gemenge gibt es Hinweise darauf, dass die Phosphatverfügbarkeit durch Leguminosen mittels Ausscheidung von Säuren in den Boden erhöht sein kann. Dies wurde bei Rotklee (HAUTER & STEFFENS 1985), Luzerne (AGUILAR & VAN DIEST 1981) und Lupinen (EGLE 2002) gefunden. In den Versuchen von HORST & WASCHKIES (1987) mit Weißer Lupine und Weizen war der Gehalt an CAL-löslichen Phosphaten im Bereich der Proteoidwurzeln um den Faktor drei erhöht. Der Weizen im Gemenge mit der Weißen Lupine konnte direkt von der besseren Phosphatverfügbarkeit profitieren und hatte auch die höchsten Wurzellängendichten im Bereich der Proteoidwurzeln der Weißen Lupinen (HORST & WASCHKIES 1987). Die verbesserten Qualitäten des Weizens aus Gemengeanbau im vorliegenden Versuch könnten ebenfalls durch höhere Phosphorverfügbarkeit für den Weizen bedingt gewesen sein.

Zu hohe Konkurrenz durch die Ackerbohne am Standort Reinshof in beiden Versuchsjahren, wie sie auch in den Verdrängungskoeffizienten der Ackerbohne auf den Weizen zum Ausdruck kommt (vgl. Tab. 13), führte zu deutlich geringeren Kornerträgen bei deutlich höheren Proteingehalten im Korn des Weizens (vgl. Abb. 5 und 6 sowie Tab. 26). Die Konkurrenzkraft der Ackerbohne konnte im Feld anhand der Bestandeshöhen beobachtet werden. Die Ackerbohne überwuchs den Weizen in einigen Prüfumwelten. Im Gemenge waren sogar beide Pflanzenarten höher gewachsen als in den jeweiligen Reinsaaten (Ergebnisse nicht dargestellt). Die Ackerbohne zeigte eine weniger starke Erhöhung des Anteils Stickstoff aus der Luft (Ndfa) im Korn als die Erbse im Gemenge mit dem Weizen (vgl. Tab. 39). Sie ließ sich durch den Weizen weniger dazu zwingen, einen höheren Anteil Stickstoff aus der Luft aufzunehmen als in Reinsaat. Die starke Konkurrenz der Ackerbohne wirkte sich auf die Tausendkornmasse des Weizens aus. Am Standort Reinshof war in beiden Versuchsjahren die Tausendkornmasse des Weizens mit 31,8 und 24,3 g in den Gemengen mit Ackerbohne deutlich geringer als in den Reinsaaten mit 40,2 und 35,0 g (vgl. Tab. 16). Die Körner waren augenscheinlich weniger gut gefüllt. Das lässt eher auf eine unzureichende Kornausbildung schließen. Die Korrelationen der Tausendkornmasse mit den Qualitätsparametern waren am Standort Reinshof negativ (vgl. Tab. 55). Bei niedrigen Tausendkornmassen wurden demnach bessere Qualitäten erzielt. Möglicherweise hat sich aufgrund einer geringeren Stärkeeinlagerung der Anteil der Proteine im Korn erhöht. Der Stärkegehalt im Weizenkorn liegt normalerweise bei über 72,0 %. Die Stärke ist ausschließlich im Endosperm lokalisiert, während die Proteine im gesamten Weizenkorn verteilt sind. Die funktionellen Proteine Albumin und Globulin sind v. a. in den Randschich-

ten zu finden, im Keimling und der Aleuronschicht. Gliadin und Glutenin sind als Speicherproteine v. a. im Mehlkörper gelagert. (SPURWAY 1988). Die Wasseraufnahme ist bei Vollkornmehlen höher als bei Auszugsmehlen. Das heißt, dass die Randschichten und Schalenanteile des Korns anteilig in einem größeren Umfang als das Endosperm Wasser aufnehmen und im Zuge der Testverfahren Sedimentationswert und Fallzahl mitquellen. SEIBEL (1988) fand bei Weizenmehl des Typs 550 eine Wasseraufnahme von 58,6 % in Bezug zur Mehlmenge, bei Weizenmehl des Typs 1050 von 64,0 %, bei Vollkornmehlen von 71,4 % und bei Vollkornschroten von 66,4 %.

Die Wasseraufnahme des Weizens war im vorliegenden Versuch ebenfalls sehr hoch. Am Standort Reinshof in den Jahren 2004 und 2005 zeigte der Weizen aus den Gemengen mit Ackerbohne mit im Mittel 66,6 und 71,6 % eine höhere Wasseraufnahmen als aus den Gemengen mit Erbse mit im Mittel 61,7 und 69,4 % sowie den 100 % Weizenreinsaaten mit im Mittel 61,0 und 66,0 % bzw. den 20 % Weizenreinsaaten mit im Mittel 61,3 und 65,5 % (Ergebnisse nicht dargestellt). Die höheren Schalenanteile in den Mehlen des Weizens aus Gemengeanbau mit der Ackerbohne können möglicherweise erklären, dass das Sedimentationsvolumen des Weizens sehr hoch war, die spezifische Qualität allerdings sank. Die Korrelation des Proteingehaltes im Weizenkorn zu den SDS-Sedimentationswerten je Prozent Protein waren negativ (vgl. Tab. 54). Auf hohem Qualitätsniveau hat jedes zusätzliche Prozent Protein im Weizenkorn aus den Gemengen offenbar eine eher schlechtere Qualität in der Zusammensetzung der Proteine bewirkt. Darauf deuten die Ergebnisse der verschiedenen Qualitätsparameter des Weizens hin. Um diese Hypothese zu untermauern, müssten entsprechende proteinchemische Analysen der Weizenmehle aus Gemengebau im Vergleich zu den Mehlen aus Reinsaat vorgenommen werden.

Die Proteinmenge trifft noch keine Aussage über Backqualität (LINNEMANN 2001). Nach MÜNZING et al. (2004) kommt im ökologischen Landbau mit eher niedrigen Gehalten an Protein im Korn des Weizens dem Parameter Feuchtklebergehalt eine höhere Bedeutung in der Bewertung der Backeignung des Weizens zu als dem Parameter Sedimentationsvolumen. Nach LINNEMANN et al. (2002) sind auf Standorten geringer N-Verfügbarkeit die α -Gliadine und das Gliadin/Glutenin-Verhältnis, bei Standorten hoher N-Verfügbarkeit das LMW/HMW-Verhältnis bzw. das GMP qualitätsbestimmend. Die Korrelationen des Proteingehaltes im Weizen der eigenen Untersuchungen mit den spezifischen Qualitätsparametern haben gezeigt, dass mit jedem Prozentpunkt an Protein im Korn ein höherer Anteil

Feuchtgluten vorhanden war (positive Korrelation, vgl. Tab. 54). Höhere Proteingehalte im Weizenkorn führen in der Regel zu einem überproportional höheren Anteil Speicherproteinen im Korn (HAGEL et al. 1998, LINNEMANN 2001). Weizen aus Reinsaatbau wies bei steigenden Proteingehalten ebenfalls einen Anstieg an spezifischem SDS-Sedimentationswert auf (LINNEMANN et al. 2002). Bei sehr hohen Proteingehalten des Weizens aus den Gemengen mit Körnerleguminosen, wie im vorliegenden Versuch ermittelt (vgl. Tab. 26), scheint die Qualität des Feuchtglutens allerdings schlechter zu werden. Neben den bereits beschriebenen Effekten der geringen Tausendkornmasse des Weizens aus den Ackerbohngemengen könnte ein weiterer Grund für die schlechtere Qualität des Weizens (geringeres spezifisches SDS-Sedimentationsvolumen) in den insgesamt sehr hohen Proteingehalten liegen. Hohe Temperaturen in der Reifeperiode des Weizens, wie in den vorliegenden Untersuchungen gegeben (vgl. Abb. 2 und 3), führt zu hohen SDS-Sedimentationswerten (LINNEMANN 2005). Natriumdedocylsulfad (SDS) weist eine hohe Proteinlöslichkeit auf und löst auch polymeres Glutenin (LINNEMANN 2001). Die möglicherweise höheren Anteile GMP bei hohen Proteingehalten, können trotzdem nicht vollständig erfasst worden sein und somit könnte eine Unterschätzung der spezifischen Qualität stattgefunden haben. Um diese Hypothese zu untermauern, müssten entsprechende Untersuchungen zu den Unterfraktionen der Proteine durchgeführt werden, da der Anteil GMP im vorliegenden Versuch nicht bestimmt wurde. In den Gemengen mit Körnerleguminosen kommt es offenbar zu stärkeren Anstieg des N-Gehaltes als des S-Gehaltes im Korn, sodass das N : S Verhältnis weiter wird (KASYANOVA et al. 2006). Dies könnte eine weitere Erklärung für die geringere spezifische Qualität des Weizens aus Gemengeanbau mit Körnerleguminosen sein, wenn bei hohen Qualitäten des Weizens jedes zusätzlich enthaltene Protein weniger Schwefel enthält.

Die Fallzahl-Methode ist eine international standardisierte Methode zur Bestimmung der α -Amylase-Aktivität bei Weizen und Roggen. Unter Einwirkung der Amylasen wird die verkleisterte Stärke abgebaut. Die Fallzahl wird auch als Maß für den Auswuchsgrad also die Stärkeschädigung genutzt (PERTEN INSTRUMENTS 1996). Die Fallzahl sollte bei Weizen mindestens 220 s betragen. Bei der Ausprägungsstufe 5 (= mittel) werden 256 bis 285 s angegeben (BSA 2003). Geringe Fallzahlen weisen auf eine hohe α -Amylase-Aktivität, einen hohen Abbau oder Beschädigung der Stärke und möglicherweise Auswuchsschaden hin. Diese Stärke kann dann beim Backen weniger gut Wasser aufnehmen und an die Proteine abgeben. Ferner stehen weniger mehleigene Zucker für die Hefe zur Verfügung. Mehle mit zu geringen Fallzahlen haben eine grob geportete feuchte Krume und nachlas-

sende Teige. Die Krume kann sich auch ablösen (Hohlraumbildung, Henkelbrot). Eine zu hohe Fallzahl zeigt eine geringe enzymatische Aktivität der α -Amylase-Aktivität an. Das Korn hätte in dem Fall eine geringe Triebkraft. Die Mehle ergeben ein kleines Gebäckvolumen (PAWELZIK 2003).

Die Fallzahlen des Weizens im vorliegenden Versuch lagen im Mittel über alle Prüfumwelten bei 302,8 und 301,6 s in den 100 % bzw. 20 % Weizenreinsaaten sowie 340,3 und 273,1 s in den Gemengen mit Ackerbohne und Erbse (vgl. Tab. 34). Im Mittel über die Anbauformen aller Standorte und Jahre wurde eine Fallzahl des Weizens von 297,0, 295,3 und 321,1 s bei 15 cm, 30 cm und 75 cm Reihenabstand ermittelt (vgl. Tab. 35). Insgesamt waren die Fallzahlwerte damit sehr hoch. Jedoch verhielt sich der Weizen an den einzelnen Standorten und Jahren sehr verschieden. Durch die höhere Wasseraufnahmefähigkeit von Vollkornmehlen (SEIBEL 1988) ist anzunehmen, dass die Schalenbestandteile bei der Durchführung des Fallzahltestes mit gequollen waren und so die Einsinkgeschwindigkeit des Rührers beeinflusst hat. Die ermittelten hohen Fallzahlwerte sind nicht ungewöhnlich. BRÜMMER & NEUMANN (1992) verwandten zur Untersuchung von Vollkornbrötchen Weizen mit einer Fallzahl von 355,0 s im Ausgangsmehl. BOLLING et al. (1986) fanden bei der Weizensorte Carimulti 341,0 und 310,0 s die einem biologisch-dynamischen Anbau in den Anbaujahren 1980 und 1981 entstammte. Diese unterschieden sich nicht von konventionell angebautem Weizen, der 379,0 und 295,0 s (1980/81) aufwies. Im Erntebericht 2006 der Mühlenchemie werden für Weizenmehl Typ 550 Fallzahlen zwischen 300 und 380 s angegeben bei sehr guten Qualitäten (BRINKMANN & POPPER 2006). Die Höhe der Fallzahl ist durch Witterungseinflüsse während der Vegetationsperiode, insbesondere zur Abreife, beeinflusst. Bei feuchtem Wetter und starkem Temperaturrückgang kann die Fallzahl des Getreidekorns stark absinken (DWD 2006).

Die Korrelationen der Fallzahl mit den anderen Qualitätsparametern Proteingehalt, SDS-Sedimentationswert, Fechtglutengehalt und Mikro-Rapid-Mix-Test waren am Standort Reinshof beim Weizen der Ernte 2004 und 2005 sowie beim Standort Stöckendrebber beim Weizen der Ernte 2005 sehr eng und signifikant (vgl. Tab 53). Bei hohen Fallzahlen soll eine enge Korrelation zwischen Proteingehalt und Backqualität bestehen (VÄISÄNEN & PIHALA 1999). Beim Weizen vom Standort Deppoldshausen waren die Zusammenhänge der Qualitätsparameter zueinander nicht so eng (vgl. Tab. 53). Dennoch fallen am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004 sowie Stöckendrebber im Jahr 2004 die negativen Korrelationen der Fallzahl mit den anderen Qualitätsparametern auf. Im Juli 2004 war es kurz

vor der Ernte an beiden Standorten sehr feucht. Am Standort Stöckendrebber war zudem ein Befall mit Schwärzepilzen zu beobachten. Dies könnte die Fallzahlen aufgrund des Abbaus der Stärke durch eine stärkere α -Amylase-Aktivität reduziert haben. Die Stärke wird ausschließlich im Mehlkörper eingelagert (SPURWAY 1988). Die Tausendkornmassen waren in den Varianten mit hohen Proteingehalten jedoch nicht reduziert. Auffällig ist jedoch, dass es sich hierbei um Varianten mit sehr geringen Kornerträgen des Weizens von 1,6 bis 2,5 dt TM ha⁻¹ am Standort Deppoldshausen 2004 in den 20 % Reinsaaten sowie allen Gemengen und 5,4 dt TM ha⁻¹ am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 im Mittel der Erbsengemenge handelt (vgl. Abb. 5 und 6).

Für den ökologischen Landbau leitet sich ein direkter Nutzen aus den Versuchsergebnissen ab. Wie aufgezeigt werden konnte, sind durch den Anbau des Weizens im Gemenge mit einer Körnerleguminose hohe Kornqualitäten des Weizens zu erzielen. Hierbei muss auf die Konkurrenz mit der Körnerleguminose geachtet werden, die standortabhängig ist. Zu hohe Konkurrenz führt zwar zu sehr hohen Proteingehalten des Weizens allerdings sind die Erträge des Weizens zu niedrig und möglicherweise die Tausendkornmassen geringer. Zudem stellt sich die Frage, ob so hohe Proteingehalte im Korn des Weizens, wie sie in den vorliegenden Untersuchungen mit Werten über 13 % aus Gemengeanbau mit Körnerleguminosen festgestellt wurden, für die Verwertung des Weizens als Backgetreide in jedem Fall erforderlich sind.

N_{min}-Mengen im Boden

Umweltschädliche Nährstoffverluste entstehen durch oberflächlichen Abfluss von Bodenmaterial (Erosion) oder durch Auswaschung aus dem Boden und Eintrag in das Grundwasser. Der Grenzwert für Nitrat beträgt laut TRINKWASSERVERORDNUNG (2001) 50 mg l⁻¹, der Richtwert liegt bei 25 mg l⁻¹. Der Anteil des aus der Landwirtschaft stammenden Eintrages wird mit 60 % bei Phosphat und bis zu 90 % bei Nitrat bemessen (HARENZ et al. 1992). Insbesondere im ökologischen Landbau ist der Verlust von Stickstoff zu vermeiden, im Boden zurückzuhalten und in der Fruchtfolge produktiv zu nutzen. HAAS (2002) gibt einen Schattenpreis für Stickstoff im ökologischen Landbau von 5 bis 15 € je kg N an. Gemenge in Form von Untersaaten in Mais, Kartoffel, Ackerbohnen oder Gemüse sowie Zwischenfrüchten können sowohl die Erosions- als auch die Auswaschungsverluste mindern (KAINZ et al. 1997, KÖPKE & JUSTUS 1995, WALL et al. 1991). Körnerleguminosen-Getreide-Gemenge sind in der Lage, den Stickstoff des Bodens ebenso gut abzuschöpfen wie eine Getreidereinsaat. Damit verringert sich die Gefahr der Auswaschung des Stickstoffes ge-

genüber einer Leguminosenreinsaat. Beispielsweise konnten in den Untersuchungen zur Linse in Rein- und Gemengesaat mit Nacktgerste die N_{\min} -Vorräte im Boden unter den Gemengen aus Linse und Gerste gegenüber der Linsenreinsaat zur Endernte signifikant gesenkt werden. Obwohl die Nacktgerste mit nur 20 % ihrer Reinsaatstärke angebaut wurde, erreichten die Gemenge ähnlich geringe nicht signifikant verschiedene N_{\min} -Vorräte im Boden wie die Reinsaat der Nacktgerste (NEUMANN 2001, HOF 2002, SCHMIDTKE et al. 2004).

Zur Kornreife wiesen im vorliegenden Versuch die Reinsaaten der Körnerleguminosen die höchsten N_{\min} -Mengen im Boden mit im Mittel über die Standorte Reinshof und Stöckendrebber und Jahre 2004 und 2005 $41,9 \text{ kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$ auf. Die Reinsaaten des Weizens hingegen hinterließen im Mittel der beiden Standorte und Jahre nur $24,3 \text{ kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$. Die Gemenge wiesen mit im Mittel $31,3 \text{ kg } N_{\min} \text{ ha}^{-1}$ zwischen den Reinsaaten liegende N_{\min} -Vorräte im auf (vgl. Abb. 17 bis 20). Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen damit, dass auch bei winterannualen Körnerleguminosen eine Reduktion der auswaschungsgefährdeten N_{\min} -Menge im Boden über einen Gemengeanbau mit Winterweizen erzielt werden kann.

Die umfangreichen N_{\min} -Bebrobungen auf den verschiedenen Reihen (Weizen, Ackerbohne, Erbse oder nicht besetzte Reihe) im vorliegenden Versuch haben einen N_{\min} -Gradient ausgehend von der Weizenreihe (Probenahmeort A) mit den zumeist geringsten N_{\min} -Mengen im Boden in Richtung Reihenzwischenraum des Weizens, d. h. auf der Leguminosenreihe in den Gemengevarianten alternierende Reihe und Reihen-Streifen-Anbau oder nicht besetzten Reihen (30 bzw. 75 cm Reihenabstand, Probenahmeorte B und C) zu verschiedenen Zeitpunkten aufgezeigt. Häufig war in der Reihenweite 30 cm in den Weizenreinsaaten und den Gemengen mit alternierenden Reihen auch der N_{\min} -Vorrat im Boden am Probenahmeort B höher als direkt unter der Weizenreihe (Probenahmeort A). Deutlicher zeigte sich der Gradient allerdings in den Beständen mit 75 cm Reihenweite der Weizenreinsaaten sowie den Reihen-Streifen-Gemengen. Hier waren am Probenahmeort C häufig höhere N_{\min} -Mengen im Boden zu finden (vgl. Abb. 17 bis 20). Der Gradient im N_{\min} -Vorrat des Bodens trat in den einzelnen Anbauformen zu verschiedenen Zeitpunkten auf. Während er bei den Weizenreinsaaten, insbesondere in den 20 % Weizenreinsaaten, bereits zur Bestockung (BBCH 25) zu erkennen war, trat er in den Gemengen, insbesondere in den Reihen-Streifen-Gemengen, erst zur Blüte des Weizens (BBCH 65) auf. Am Standort Reinshof und Stöckendrebber im Jahr 2004 konnte ein deutlicher Unterschied

zum Zeitpunkt der Blüte ermittelt werden. So war in den Gemengen unter den Leguminosen am Probenahmeort B und C noch N_{\min} -Stickstoff vor allem in den unteren Bodenschichten vorhanden. Dieser Stickstoff unter den Leguminosen stand dem Weizen im Gemenge zu einem späteren Zeitpunkt in der Kornfüllungsphase zur Verfügung. Es liegen aus der vorliegenden Untersuchung deutliche Hinweise vor, dass der Weizen im Gemenge mit den Körnerleguminosen diesen Stickstoff für die Bildung hoher Gehalte an Kornprotein nutzte (vgl. Kapitel 3.6). Hier kann von einer zeitlichen und räumlichen Verschiebung der Nutzung des mineralischen Stickstoffvorrates im Boden durch den Weizen gesprochen werden. Im Jahr 2005 konnte der Gradient sowohl in den Reihen-Streifen-Gemengen als auch bei den 20 % Weizenreinsaaten mit 75 cm Reihenweite zur Blüte gefunden werden, so dass dem Weizen sowohl in den 20 % Reinsaaten als auch in den Reihen-Streifen-Gemengen mehr Stickstoff zu Kornfüllung zur Verfügung gestanden hat. Deshalb müssen also noch weitere Gründe für die bessere Qualität des Weizens aus Gemengeanbau mit Körnerleguminosen im Vergleich zu den Reinsaaten vorgelegen haben. Soweit erkennbar, wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung erstmals entsprechende räumlich und zeitlich differenzierte Erhebungen des N_{\min} -Vorrates im Boden durchgeführt. Es konnte hierdurch gezeigt werden, dass in einem Anbausystem des Weizens mit weiter Reihe bzw. in einem Reihen-Streifen-Anbau von Körnerleguminose und Weizen, ein zwischen den Weizenreihen vorhandener N_{\min} -Vorrat im Boden später genutzt wird. Diese zeitlich verzögerte Nutzung des N_{\min} -Vorrates im Boden trägt offenbar wesentlich dazu bei, dass Weizen, der in dieser Anbauform im ökologischen Landbau kultiviert wird, einen höheren Gehalt an Protein im Korn im Vergleich zu einem Anbau mit engem Reihenabstand aufweist. Aus diesem Grund können die vorliegenden Ergebnisse einen wertvollen Beitrag zur Erklärung der besseren Qualitäten von Getreide in Gemengen mit Körnerleguminosen leisten. Die Untersuchungen von BECKER & LEITHOLD (2003a) im System Weite Reihe mit verschiedenen Untersaaten führten zu keinen behandlungsbedingten Effekten. POMMER (2003b) vermutete, dass eine N-Nachlieferung im Boden zu einem späteren Zeitpunkt nach der Blüte, die den nur um 2,0 % reduzierten Kornertrag des Weizens bei um 50 % verminderter der Saatstärke erklären könnte. Eigene Voruntersuchungen bei einem substitutiven Gemenge aus 85 % Erbse und 15 % Hafer der jeweiligen Reinsaatstärke erbrachten in einem Jahr ebenfalls einen deutlichen Gradienten an N_{\min} -Vorrat im Boden zwischen den Haferreihen. Es wurden dabei alternierende Reihen, Reihen-Streifen-Gemenge aus zwei Reihen Erbse und einer Reihe Hafer sowie Reihen-Streifen-Gemenge aus fünf Reihen Erbse im Wechsel mit einer Reihe Hafer angelegt. Im letztgenannten Reihen-Streifen-Gemenge wurden so vier N_{\min} -Beprobungsorte gewählt (A = auf der Haferreihe und B, C

und D auf den Erbsenreihen 1, 2 und 3 Reihen entfernt von der Haferreihe). Wie im vorliegenden Versuch konnten höhere N_{\min} -Vorräte zur Blüte unter den Erbsenreihen insbesondere der Probenahmeorte C und D im Vergleich zur Haferreinsaat sowie ein deutlicher Gradient im N_{\min} -Vorrat im Boden der Reihen-Streifen-Gemenge mit fünf Reihen Erbse und einer Reihe Hafer gefunden werden (SCHMIDTKE 2002). Für den ökologischen Landbau kann dieses Wissen für einen gezielten Gemengeanbau zur sicheren Erzeugung hochqualitativen Backweizens genutzt werden, indem bewusst der Gradient im N_{\min} -Vorrat des Bodens durch den Anbau von Reihen-Streifen-Gemenge oder Gemengen mit abwechselnden Reihen mit Körnerleguminosen genutzt wird. Ackerbohne und Erbse weisen eine unzureichende Fähigkeit zur Aufnahme des im Unterboden vorhandenen mineralischen Stickstoffs auf (JUSTUS 1996, SCHMIDTKE 2001, REITER et al. 2002). Deshalb wird für diesen Zweck eine Körnerleguminose benötigt, die den N_{\min} -Vorrat im Unterboden unzureichend nutzt und so dem Gemengepartner Weizen mehr Stickstoff zu späteren Entwicklungsphasen zur Verfügung steht. Eine Untersaat mit Rotklee- oder Rotklee gras ist offenbar aufgrund einer stärkeren Nutzung des im Unterboden vorliegenden mineralischen Stickstoffs durch die untergesäten Pflanzen für diese Zwecke wenig geeignet wie die Ergebnisse von BECKER & LEITHOLD (2003b) zeigen.

N-Erträge, Ndfa, N-Transfer, N-Bilanz

Die N-Aufnahme des Weizens stieg vom ersten zum zweiten Erntetermin auf bis zu 96,1 kg N ha⁻¹ (Standort Reinshof im Jahr 2004) stark an. In den Gemengen war häufig ein geringerer N-Ertrag im Spross des Weizens im Vergleich zu den Reinsaaten festzustellen. Zwischen Blüte und Kornreife konnte zum Teil keine weitere N-Aufnahme des Weizens bestimmt werden (vgl. Abb. 23 bis 28). Dennoch wurden in dieser Zeitspanne im Mittel über die Reihenweiten im Vergleich zu den 100 % Reinsaaten häufig höhere N-Mengen vom Weizen im Gemenge mit Erbse und den 20 % Reinsaaten aufgenommen (Tab. 57).

Tab. 57: N-Aufnahme des Weizens [kg N ha⁻¹] von der Blüte zur Kornreife im Mittel über die Reihenweiten als Differenz zur N-Aufnahme des Weizens in dieser Entwicklungsphase in den 100 % Reinsaaten

Standort und Jahr	20 % Reinsaat	Gemenge mit Ackerbohnen	Gemenge mit Erbsen
REI 2004	+11,3	-0,6	+14,9
REI 2005	+6,9	-9,0	+1,2
STÖ 2004	+4,5	-0,3	+7,6
STÖ 2005	+1,6	+0,4	-5,1
DEP 2004	+6,7	+5,1	+7,7
DEP 2005	+2,8	+0,9	-0,4

Die in Tab. 57 ausgewiesenen N-Mengen können zur Qualitätsbildung im Korn beigetragen haben. Einen Abfall in der N-Aufnahme bei Winterweizen nach der Blüte (EC 62) bis zur Beerntung im Vergleich zu der N-Aufnahme vor der Blüte fanden ebenfalls BARESEL et al. (2005). Die N-Aufnahme im Korn war mit 58,0 bis 106,0 kg N ha⁻¹ etwas höher als im vorliegenden Versuch. Auf Standorten mit geringer N-Versorgung konnten die Versuchsansteller ebenfalls Rückgang der im Spross befindlichen N-Menge des Weizens nach der Blüte feststellen (BARESEL et al. 2005). Bei Gerste im Gemenge mit Erbse wurden für die Gerste in Reinsaat ca. 70,0 kg N ha⁻¹ und im Gemenge zwischen 40,0 und 70,0 kg N ha⁻¹ ohne N-Düngung in der Gesamtsprossmasse zur Kornreife gemessen (HAUGGAARD-NIELSEN & JENSEN 2001). Einen deutlich höheren Zuwachs an Stickstoff im Spross von Hafer im Gemenge mit Erbse im Vergleich zum Anbau von Hafer in Reinsaat zwischen Blüte und Kornfüllung wies SCHMIDTKE (2004) nach. Diese Untersuchungen zeigen, dass eine höhere N-Aufnahme des Getreides zur Kornfüllung im Gemenge mit einer Körnerleguminose als in Reinsaat erzielt werden kann, die mit einem höheren Kornproteingehalt des Getreides aus Gemengebau einhergehen kann. Im vorliegenden Versuch konnte ein stärkerer Anstieg der N-Aufnahme des Weizens nur zum Teil und insbesondere in den Gemengen mit Erbse nachgewiesen werden.

Der N-Ertrag im Spross der hier geprüften Winterackerbohnen war in der Regel sehr hoch. In Reinsaat (Standort Reinshof im Jahr 2004) wurden bis zu 279,5 kg N ha⁻¹ symbiotisch fixiert und im Gesamtspross (Korn und Stroh) der Ackerbohne wieder gefunden. Dabei nahmen die Ackerbohne noch bis zu 167,6 kg N ha⁻¹ aus dem Boden auf (vgl. Abb. 23). Bei der Erbse wurden in Reinsaat (Standort Stöckendrebber im Jahr 2005) bis zu 113,1 kg N ha⁻¹ symbiotisch fixiert im Gesamtspross ermittelt bei gleichzeitiger Aufnahme von bis zu 29,4 kg N ha⁻¹ aus dem Boden (vgl. Abb. 26). In den Gemengen war die N-Aufnahme der Leguminosen sowie Menge der N₂-Fixierleistung in kg N ha⁻¹ geringer als in Reinsaat. Hingegen war der Anteil Stickstoff aus der Luft (Ndfa) im Gemenge in der Regel höher als in Reinsaat. Im Gesamtspross betrug der Ndfa-Wert bei Ackerbohne beispielsweise 87,4 % im Mittel der Gemenge und 73,8 % im Mittel der Reinsaaten, bei Erbse lagen die Ndfa-Werte bei 85,8 % im Mittel der Gemenge und 56,8 % im Mittel der Reinsaaten (Standort Reinshof im Jahr 2004, vgl. Tab. 40). Hohe symbiotische N₂-Fixierleistungen der Körnerleguminosen finden sich ebenfalls in der Literatur. Bei Sommererbse wurden zur Kornernte bis zu 177,0 kg N ha⁻¹ in Reinsaat und bis zu 51,0 kg N ha⁻¹ im Gemenge mit Gerste aus der symbiotischen N₂-Fixierung stammend festgestellt (JENSEN 1996). Eine symbiotische N₂-Fixierleistung in Höhe von 205,0 kg N ha⁻¹ im Mittel der Erbsenreinsaaten

und 128,0 kg N ha⁻¹ im Mittel der Erbsen im Gemenge mit Gerste wurden von WICHMANN et al. (2003) ermittelt. Im Mittel über verschiedene Sorten und Jahre wurden an mehreren Standorten mittels $\delta^{15}\text{N}$ -Methode bei Ackerbohne (Sommerformen) in Reinsaat zwischen eine N₂-Fixierleistung in Höhe von 96,6 und 242,4 kg N ha⁻¹ und im Gemenge mit Hafer (Körnernutzung, eine Sorte) zwischen 67,3 und 227,6 kg N ha⁻¹ bestimmt. Bei der Erbse zur Körnernutzung waren es in Reinsaat zwischen 87,1 und 185,6 kg N ha⁻¹ und im Gemenge mit Hafer (Körnernutzung, eine Sorte) zwischen 65,7 und 197,6 kg N ha⁻¹ (JOST 2003). SCHMIDTKE et al. (2004) fanden bei Linsen im Mittel eine N₂-Fixierleistung von bis zu 154,0 kg N ha⁻¹ in Reinsaat und bis zu 95,0 kg N₂fix ha⁻¹ im Gemenge mit Nachtgerste. Die N₂-Fixierleistung von Leguminosen ist an das N-Angebot des Bodens gebunden. Die in der vorliegenden Untersuchung ermittelten Werte zur Höhe der N₂-Fixierleistungen der Winterformen der Körnerleguminosen lagen bei der Ackerbohne tendenziell über und bei der Erbse tendenziell unter den Werten der Sommerformen aus der Literatur. Bei Sommerformen der Ackerbohne werden aus bodenbürtiger Aufnahme zwischen 54,2 und 127,9 kg N ha⁻¹ und bei Erbsen zwischen 42,5 und 98,4 kg N ha⁻¹ angegeben (SCHMIDTKE & RAUBER 2000). Die Winterformen der vorliegenden Untersuchung haben demgegenüber tendenziell höhere Boden-N-Aufnahmen (Ackerbohne) bzw. niedrigere Boden-N-Aufnahmen (Erbse) als die Sommerformen gezeigt. Höhere Ndfa-Werte der Leguminosen aus Gemengeanbau im Vergleich zur Reinsaat werden von vielen Autoren bestätigt. Dabei ist der Gesamtstickstofftrag in der Regel in Reinsaat höher als im Gemenge (Tab. 58).

Tab. 58: Anteil Stickstoff aus der Luft (Ndfa) in der Biomasse verschiedener Körnerleguminosen sowie Gesamtstickstofftrag in Rein- und Gemengesaat

Leguminose	Nichtleguminose	Ndfa [%]		N-Ertrag [kg N ha ⁻¹]		Quelle
		Reinsaat	Gemenge	Reinsaat	Gemenge	
Ackerbohne	Gerste	74,0	92,0	106,0	77,0	DANSO et al. 1987
Schmalblättrige Lupine	Hafer	98,4	99,0	188,4	91,7	DANSO et al. 1992
Erbse	Gerste	62,0	82,0	280,0	87,5	JENSEN 1996
Saatwicke	Gerste	77,5	86,8	141,3	90,0	KURDALI et al. 1996
Linse	Nachtgerste	65,7	83,6	115,9	29,8	SCHMIDTKE et al. 2004

Im Gemenge kann ein zusätzlicher N-Transfer aus der symbiotischen N₂-Fixierung der Leguminose bereits während der Vegetation einer Nichtleguminose zur Verfügung stehen.

Dieser N-Transfer erfolgt häufig eher indirekt über den Abbau von abgestorbenen Leguminosenrückständen als direkt über z. B. eine gasförmige Abgabe, Auswaschung aus dem oberirdischen Pflanzenmaterial und Rhizodeposition (VALLIS 1978, ANTHES 2005). Die Abgabe von Stickstoff aus den Wurzeln während der Vegetation (Rhizodeposition) kann jedoch bis zu 9,1 % bei Erbse, 13,3 % bei Gelber Lupine, 17,9 % bei Saatwicke und 19,3 % bei Zottelwicke der Gesamtstickstoffmenge in Spross und Wurzel betragen (SCHMIDTKE 2005a). Aufgrund der längeren Vegetationszeit von futterbaulichen Gemengen als von Körnerleguminosen-Getreide-Gemengen wird in stärkerem Maße ein N-Transfer bei Futterbaugemengen mit Leguminosen als bei Körnerleguminosen festgestellt. So fand z. B. JUNG (2003) bei Luzerne einen N-Transfer zwischen 0 bis 12,2 kg N ha⁻¹ und bei Rotklee 3,7 bis 21,4 kg N ha⁻¹ aus der symbiotischen N₂-Fixierleistung im Wiesenschwingel wieder. ANTHES (2005) ermittelte einen N-Transfer von 8,5 bis 31,2 kg N ha⁻¹ bei Luzerne im Gemenge mit Knautgras. Er konnte ebenfalls bei Ackerbohne im Gemenge mit Hafer einen N-Transfer zwischen 7,3 bis 17,9 kg N ha⁻¹ feststellen. In Gefäßversuchen mit Weizen und Ackerbohne wurden bis zu 15,0 % des Gesamtstickstoffes des Weizens als N-Transfer von der Ackerbohne stammend festgestellt (XIAO et al. 2004). Andere Autoren hingegen konnten keinen N-Transfer bei Körnerleguminosen zum Getreide beispielsweise bei Erbse/Gerste (JENSEN 1996) oder Erbse/Hafer und Ackerbohne/Hafer (JOST 2003) nachweisen. Im vorliegenden Versuch war zum Teil ebenfalls kein N-Transfer nachweisbar. Am Standort Reinshof im Jahr 2004 konnten jedoch in den Gemengen mit alternierenden Reihen bei der Ackerbohne ein N-Transfer in Höhe von 10,2 kg N ha⁻¹ und bei der Erbse 13,1 kg N ha⁻¹ nachgewiesen werden (vgl. Tab. 41). Dies entsprach einem Anteil von 21,8 und 21,1 % des Stickstoffes in der Weizensprossmasse (Ackerbohne und Erbse, vgl. Tab. 42).

Die vereinfachten N-Flächenbilanzsalden der hier geprüften Bestände ergaben in der Regel einen N-Bilanzsaldo, der sich nachstehender Reihenfolge ordnen lässt: Reinsaat Leguminose > Gemenge > Reinsaat Weizen jeweils bezogen auf Reinsaaten und Gemenge einer Leguminosenart. Im Mittel über die Reihenweiten und Prüfumwelten wurden folgende N-Bilanzen ermittelt: Ackerbohne Reinsaat +11,2 > Gemenge Ackerbohne/Weizen +0,2 > Weizenreinsaat -38,2 kg N ha⁻¹ sowie Erbse Reinsaat -0,4 > Gemenge Erbse/Weizen -26,2 > Weizenreinsaat -38,2 kg N ha⁻¹ (vgl. Abb. 29 und 30). Dabei waren bei der Ackerbohne in Reinsaat sowie im Gemenge aufgrund der hohen symbiotischen N₂-Fixierleistung häufig positive N-Bilanzen zu ermittelt worden, während bei der Erbse im Gemenge mit Weizen negative N-Bilanzsalden zu verzeichnen waren. Eine analoge Reihenfolge in der Höhe der N-Bilanzsalden sowie negative N-Bilanzen beim einfachen Flächenbilanzsaldo

wurden ebenfalls von SCHMIDTKE (1997c) bei verschiedenen Erbsensorten in Rein- und Gemengesaat mit Hafer ermittelt. Die Erbsen in Reinsaat ergaben N-Salden von -10,1 bis -49,5 kg N ha⁻¹, die Gemenge zwischen -60,1 und -75,1 kg N ha⁻¹ sowie die Haferreinsaat von -73,6 bis -85,3 kg N ha⁻¹ (SCHMIDTKE 1997c). JOST (2003) führt Berechnungen einfacher und erweiterter Flächenbilanzsalden bei Sommerackerbohnen (drei Sorten, vier Standorte, drei Jahre) sowie Sommererbse (vier Sorten, vier Standorte, drei Jahre) in Reinsaat durch. Darüber hinaus wurden jeweils ein Gemenge mit einer Körnerleguminosensorte (Ackerbohne Sorte Scirocco mit Hafer Sorte Alf sowie Erbse Sorte Eiffel mit Hafer Sorte Alf) hinsichtlich Korn- oder Silagenutzung geprüft. Im Mittel über vier Standorte und drei Jahre ergaben die Berechnungen der einfachen Flächenbilanzsalden der Varianten zur Kornnutzung bei der Ackerbohne in Reinsaat +31,0 kg N ha⁻¹ und im Gemenge mit Hafer +27,2 kg N ha⁻¹. Bei der Erbse zur Körnernutzung lagen die Werte im Mittel der Standorte und Jahre bei +2,3 kg N ha⁻¹ bei den Erbsenreinsaat und bei +0,03 kg N ha⁻¹ bei den Erbsen-Hafer-Gemengen (JOST 2003). Im Jahr 2000 wurden im Mittel über vier Linsengenotypen N-Salden bei Linsenreinsaat von +55,2 kg N ha⁻¹, bei Linse mit Nacktgerste im Gemenge von -2,7 kg N ha⁻¹ und bei der Nacktgerste in Reinsaat von -47,9 kg N ha⁻¹ ermittelt. Im Jahr 2001 lagen die Werte bei +1,0, -58,0 und -79,3 kg N ha⁻¹ bei Linsenreinsaat, Linsen-Nacktgerste-Gemenge und Nacktgerste in Reinsaat (SCHMIDTKE et al. 2004).

Soweit bekannt, wurden mit dem vorliegenden Versuch erstmals ausführliche Ermittlungen zu den N-Erträgen, den N₂-Fixerleistungen, einem möglichen N-Transfer sowie den N-Bilanzen von Winterkörnerleguminosen unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus durchgeführt. Diese Ergebnisse sind eine wertvolle Grundlage für die Praxis des ökologischen Landbaus zur Kalkulation der N-Versorgung. Winterkörnerleguminosen können somit die Fruchtfolge im ökologischen Landbau bereichern und bei geringem Vorrat an Stickstoff im Boden und einer hohen Ertragsleistung zu einem positiven N-Flächenbilanzsaldo führen. Bei den hier ermittelten Daten zum N-Flächenbilanzsaldo der Bestände mit Körnerleguminosen ist zu beachten, dass die in der Wurzelmasse sowie über Rhizodeposition in den Boden abgegebenen N-Mengen nicht berücksichtigt wurden. Über die Wurzelmasse und N-Rhizodeposition wird symbiotisch fixierter Stickstoff in den Boden eingetragen (etwa 10 bis 20 %) der insgesamt symbiotisch fixierten N-Menge der hier angebauten Körnerleguminosen Ackerbohne und Erbse (ANTHES 2005, SCHMIDTKE 2005a und 2005b). Deshalb würden sich die N-Bilanzsalden bei Hinzuziehung dieser N-Mengen proportional zu höheren Werten verschieben.

Deckungsbeiträge

Winterweizen kann im ökologischen Landbau Deckungsbeiträge von bis zu +1.514,50 € ha⁻¹ im Vergleich zu Sommerweizen mit +1.237,45 € ha⁻¹ erbringen (KOLBE & WELLENBERG 2002). Die höchsten Deckungsbeiträge für Weizen sind im vorliegenden Versuch mit +920,73 € ha⁻¹ bei der Variante W₂₀15 am Reinshof im Jahr 2004 berechnet worden (vgl. Abb. 31). Im Mittel aller Standorte und Jahre erzielten die Gemenge mit Ackerbohnen mit einem Deckungsbeitrag von +552,30 € ha⁻¹ den höchsten Deckungsbeitrag gefolgt von den Ackerbohnenreinsaaten mit im Mittel +505,12 € ha⁻¹. Ein Deckungsbeitrag von +411,96 und +403,33 € ha⁻¹ wurde mit den 100 % bzw. 20 % Reinsaaten des Weizens erwirtschaftet. Die Gemenge mit der Erbse kamen über alle Standorte und Jahre im Mittel auf einen Deckungsbeitrag von +387,60 € ha⁻¹, während die Erbsenreinsaaten mit im Mittel +127,02 € ha⁻¹ deutlich abfielen (vgl. Abb. 31 und 32). Dabei waren die Standorte und Jahre unterschiedlich. Auf sehr sandigem Standort (Stöckendrebber im Jahr 2004) erbrachten die Gemenge mit der Erbse den höchsten Deckungsbeitrag. Innerhalb der Ackerbohnergemenge konnte keine Variante als die Beste herausgearbeitet werden. Bei den Erbsengemengen war an den Standorten Reinshof und Stöckendrebber im Jahr 2004 und 2005 immer die Mischsaat von Vorteil, während es in Deppoldshausen stets die Variante mit alternierenden Reihen war. Deckungsbeiträge zu Gemengen aus Getreide und Körnerleguminosen sind in der Literatur nahezu nicht zu finden. In der Praxis wurde dies für den Mischfruchtanbau der Erbse mit Leindotter durchgeführt. Im Vergleich zu einer Erbsenreinsaat ergaben sich folgende Änderungen. Die Marktleistungen waren im Gemenge aufgrund des zusätzlichen Leindotterertrages höher, wenn der Ertrag der Erbse im Gemenge nur wenig geringer ausfiel als in Reinsaat. Für den zweiten Säkasten, das Saatgut des Leindotters und die Reinigung müssen zusätzliche Kosten berücksichtigt werden. Demgegenüber konnten im Gemenge Kosten eingespart werden durch geringere Unkrautbekämpfungsmaßnahmen (kein Striegeln erforderlich), einen geringeren Aufwand beim Mähdrusch, da die Erbse in Reinsaat lagern kann, sowie bei der Trocknung, da die Erbse in Reinsaat häufig höhere Kornfeuchte aufweist. Die Differenz der Deckungsbeiträge zwischen Mischanbau und Erbsenreinsaat betrug 128,3, 440,3, 1.131,9 und -67,8 € ha⁻¹ in den Jahren 1999, 2000, 2001 und 2002. Im Erntejahr 2001 war die Erbse in Reinsaat vollständig ausgefallen. Nur im Erntejahr 2002 war der Anbau der Erbse in Reinsaat vorteilhafter als der Mischanbau von Erbse und Leindotter (IGMFA 2003).

WEITBRECHT & PAHL (2000) geben für den Anbau von Weizen in Reinsaat einen höheren Deckungsbeitrag im ökologischen Landbau als bei Reinsaaten von Körnerleguminosen an.

Für Standorte bzw. Jahre mit hohen N_{\min} -Vorrat im Boden im Frühjahr (Reinshof im Jahr 2004, Stöckendrebber im Jahr 2005) konnte das zum Teil bestätigt werden. Bei geringer Stickstoffverfügbarkeit wiesen die Körnerleguminosen (Erbse, Stöckendrebber im Jahr 2004; Ackerbohne Reinshof im Jahr 2005) höhere Deckungsbeiträge als die Weizenreinsaaten auf. BRUNNER (2002) fand bei Weizen im ökologischen Landbau bei weiteren Reihenabständen (30 cm) einen höheren Deckungsbeitrag als bei Normalsaat (11 cm). Bei Betrachtung der Varianten mit normaler Saatstärke im vorliegenden Versuch wurden ebenfalls die höchsten Deckungsbeiträge des Weizens in Reinsaat bei 75 cm im Vergleich zu 15 und 30 cm Reihenweite ermittelt (Ausnahme: Standort Stöckendrebber im Jahr 2005, höchste Deckungsbeitrag der 100 % Weizenreinsaaten bei 30 cm Reihenweite, vgl. Abb. 31 und 32). Die Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit des Anbausystems Weite Reihe von NIENBERG et. al. (2003) zeigen ebenfalls, dass eine Änderung der Reihenweite lohnend sein kann. Mit Berücksichtigung einer Qualitätsvergütung und möglichen weiteren positiven Effekten für die Fruchtfolge z. B. durch die Etablierung einer Untersaat haben die Modellrechnungen in der Regel eine positive Gewinndifferenz zugunsten des Systems Weite Reihe ohne und mit Untersaat (gemulcht/ungemulcht) ergeben (NIENBERG et. al. 2003).

Eine für den Anbau einer Fruchtart erstellten Deckungsbeitragsrechnung scheint für den ökologischen Landbau nicht hinreichend zu sein, weil Leistungen nicht berücksichtigt werden. Die Wirkungen in der Fruchtfolge, wie z. B. Vorfruchtleistungen, werden nicht berücksichtigt. Das gilt insbesondere für Früchte, die keine eigenständige Marktleistung oder nur eine geringe Marktleistung erzielen (Körnerleguminosen, Klee gras, Zwischenfrüchte). WEITBRECHT & PAHL (2000) fordern daher, einen erweiterten Deckungsbeitrag bzw. einen Fruchtfolgedeckungsbeitrag im ökologischen Landbau zu ermitteln. Die Berechnungen der Deckungsbeiträge über zwei Fruchtfolgefelder, wie im vorliegenden Versuch durchgeführt, sind ein erster Schritt in diese Richtung. Es zeigte sich, dass die Leguminosen und die Gemenge mit Leguminosen aufgrund der besseren Vorfruchtwirkung auf den Roggen hinsichtlich des Deckungsbeitrages im Vorteil waren. In der Summe beider Jahre ergab sich der höchste Gesamtdeckungsbeitrag für die Ackerbohnenreinsaaten mit im Mittel über alle Standorte und Jahre von $+1.074,81 \text{ € ha}^{-1}$. Es folgten die Gemenge mit Ackerbohne und Erbse mit im Mittel $+953,81$ und $+930,55 \text{ € ha}^{-1}$. Die Reinsaaten der Erbse konnten im Mittel den schlechten Deckungsbeitrag des ersten Jahres mittels ihrer Vorfruchtwirkung mit einem Gesamtdeckungsbeitrag von im Mittel $+663,37 \text{ € ha}^{-1}$ etwas revidieren, erreichten aber nicht die Deckungsbeiträge der 100 % bzw. 20 % Reinsaaten mit im Mittel über alle

Standorte und Jahre von +698,49 und +722,99 € ha⁻¹ (vgl. Abb. 33 und 34). Innerhalb der Gemenge ergaben bei den Ackerbohngemengen die Reihen-Streifen-Saat und bei den Erbsengemengen die alternierenden Reihen den höchsten Gesamtdeckungsbeitrag. Die Deckungsbeitragsrechnungen von GRAß (2003) zum Zweitfruchtbau von Silomais nach Wintererbse oder Wintererbse mit Winterroggen im Gemenge im Vergleich zu Silomais als übliche Hauptfrucht ergaben beispielsweise einen Gesamtdeckungsbeitrag von -277,0 € ha⁻¹ für die Folge Wintererbse und Silomais, -511,8 € ha⁻¹ für die Folge Wintererbse-Winterroggen-Gemenge und Silomais sowie -486,0 € ha⁻¹ für den Silomais als Hauptfrucht ohne den Anbau einer überwinternden Vorkultur. Da für den Silomais keine Marktleistungen angenommen wurden (Nutzung als Viehfutter auf dem eigenen Betrieb), ergeben sich negative Deckungsbeiträge (GRAß 2003). Die hohe Vorfruchtleistung der Wintererbse-reinsaat wird dennoch ersichtlich. Die Gemenge schnitten hierbei im Gegensatz zu den eigenen Resultaten sehr schlecht ab. Allerdings fehlt in den Untersuchungen von GRAß (2003) der Vergleich zu einer Variante Zweitfruchtanbau Winterroggen und Silomais.

Für den ökologischen Landbau liegt der Nutzen der vorliegenden Berechnung der Deckungsbeiträge darin, dass gezeigt werden konnte, dass sich der Anbau von Gemengen auch wirtschaftlich lohnt. Unter der Annahme, dass die Körnerleguminosen als Futter verkauft werden können, liegen die Ackerbohngemenge schon bei einfacher Deckungsbeitragsrechnung an erster Stelle aller geprüften Bestände. Bei Berücksichtigung der Vorfruchtwirkung schneiden alle Gemenge sehr gut ab.

Ökologische Leistungen der Gemenge (Schädlinge, Krankheiten, Lager der Erbse)

Zu den ökologischen Leistungen der Gemenge kann die Abwehr von Stress- und Schadfaktoren gezählt werden. Der Anbau von Gemengen erhöht die Diversität gegenüber dem Anbau in einer Reinsaat. Im Vergleich zu natürlichen Ökosystemen ist diese Diversität an Pflanzenarten nur als marginal zu bewerten. Dennoch ist sie entscheidend für die Eigenschaften der Gemenge, die Wirkungen von Schadfaktoren zu mindern, welche in sortenreinen Bestände weitgehend fehlen (AUFHAMMER 1999). In älteren, natürlichen Ackerrandstreifen oder gezielt angelegten Blühstreifen und Blühflächen beispielsweise zur Wild-äsung wird eine höhere Diversität einhergehend mit einer höheren Anzahl an Nützlingen nachgewiesen (CARRECK & WILLIAMS 1997, DENYS & TSCHARNTKE 2002). In der Literatur herrscht eine weitgehende Übereinstimmung darin, dass eine höhere Artendiversität im Gemenge die meisten Schwierigkeiten im Pflanzenschutz reduziert (FRANCIS 1989). Überdies kann die Abwehr von Schadfaktoren neben einer effizienteren Nutzung der vorhan-

denen Wachstumsfaktoren durch ein Gemenge einen Mehrertrag ermöglichen (SNAYDON 1996). Gemenge sind in der Lage den Befall von Schädlingen zu reduzieren. Dies ist jedoch nicht in jedem Fall gegeben. RISCH et al. (1983) fassen 150 Arbeiten mit 198 verschiedenen Schädlingsarten hinsichtlich der Wirkungen im Gemenge im Vergleich zur Reinsaat zusammen. Es zeigte sich, dass v. a. die spezialisierten (monophagen) Schädlinge, welche sich vorzugsweise von einem Wirt ernähren, im Gemenge im Vergleich zur Reinsaat reduziert werden. In einjährigen Systemen wurden geringere Abundanzen an Schädlingen im Gemenge als in mehrjährigen Systemen gefunden (RISCH et al. 1983). ALTIERI & LIEBMANN (1986) teilen die Mechanismen, die dazu führen, dass im Gemenge weniger Schädlinge auftreten können als in Reinsaat, in zwei Gruppen ein: In die Gruppe der Beeinflussung der Schädlinge im Wirtsfindungsverhalten sowie in die Gruppe, bei der die Entwicklung ihrer Population deren Überleben beeinflusst wird. Die Beeinflussung im Wirtsfindungsverhalten kann z. B. durch Täuschung mittels physikalischer Anwesenheit einer anderen Pflanze oder der Änderung der Farbe und Textur des Pflanzenbestandes sowie durch abschreckende chemische Stoffe stattfinden. Mechanische Barrieren durch andere Pflanzenarten im Gemengebestand oder biotische Einflüsse (höhere Anzahlen natürlicher Feinde) hindern die Schädlinge möglicherweise an ihrer Entwicklung und deren Überleben (ALTIERI & LIEBMANN 1986). Es wird allerdings auch von einer höheren Schädlingsaktivität aufgrund verstärkten Suchverhaltens berichtet (KARJALAINEN & PELTONEN-SAINIO 1993). Zudem treten Nützlinge zum Teil auch vermehrt in Reinsaat auf, da sie im Gemenge ebenfalls Barrieren vorfinden (ARMSTRONG & MC KINLAY 1997, COSTELLO & ALTIERI 1995, VIDAL 1997). Im Gemenge aus Ackerbohne und Hafer fand HELENIUS (1989) zwar eine geringere sekundäre Ausbreitung der Traubenkischlaus aufgrund einer höheren Distanz zwischen den Haferpflanzen im Gemenge im Vergleich zu Reinsaat. Allerdings waren die befallenden Pflanzen durch eine höhere Wachstumsrate der Läuse gekennzeichnet.

Im vorliegenden Versuch wurden der Erbsenwicklerzuflug und der Befall der Hülsen der Erbse mit dem Erbsenwickler in Rein- und Gemengesaat mit Weizen bonitiert. Stetig steigende Anbauflächen der Körnererbsen in Deutschland führten zu höherem Auftreten einiger Leguminosenschädlinge wie z. B. dem Erbsenwickler (*Cydia nigricana* F.). Der Wicklerbefall beeinflusst bei der Vermehrung von Körnererbsensaatgut die Keimfähigkeit, Triebkraft und die Saatgutreinheit. Bei ökologisch erzeugten Gemüseerbsen kann bereits bei einem Wert von 0,05 % durch den Wickler geschädigte Erbsenkörner die gesamte Partie aberkannt werden (SAUCKE et al. 2003). Der Zuflug des Erbsenwicklers war im Jahr

2004 an den Standorten Reinshof und Deppoldshausen und im Jahr 2005 an den Standorten Deppoldshausen und Stöckendrebber relativ hoch (vgl. Abb. 35 und 36). Als Schwellenwert für eine mögliche Behandlung gegen den Erbsenwickler wird vom ÖKORING NIEDERSACHSEN e.V. (2002) der Tag, an dem zum ersten mal fünf männliche Falter gefangen werden, angegeben. Im Jahr 2004 war diese Schadschwelle an allen Standorten schon zum 07.06.2004 erreicht worden. An den Standorten Stöckendrebber und Deppoldshausen im Jahr 2005 hätte eine Behandlung ab dem 12.06.05 und am Standort Reinshof ab dem 17.06.2005 erfolgen müssen. Da der Befall aber bonitiert werden sollte, ist auf eine Behandlung verzichtet worden. Aus arbeitstechnischen Gründen konnte die Erfassung der Schädigung der Erbse durch den Erbsenwickler erst zur Endernte durchgeführt werden. Die Erbsenwickler befallenden Hülsen sowie die Erbsenwickler geschädigten Körner unterschieden sich in der Regel nicht signifikant zwischen den Reinsaaten und den Gemengen. Tendenziell war der Befall in den Gemengen allerdings höher (vgl. Tab. 46 und 47). Der errechnete Ertragsverlust unterschied sich ebenfalls nicht zwischen Rein- und Gemengesaat, fiel aber mit bis zu 6,6 dt TM ha⁻¹ vergleichsweise hoch aus (vgl. Tab 49). Ursache für diesen Befund könnte in einer Unterschätzung des Befalls der Erbsen in Reinsaat liegen, da zur Kornreife die Erbsenreinsaaten stark lagerten und hohe Kornverluste durch Ausfall aus den bereits notreifen Beständen zu verzeichnen waren. Um die Wirkung des Gemengeanbaus auf das Auftreten des Erbsenwicklers sicher beurteilen zu können, sind zudem größere Parzellen als im Rahmen dieses Vorhaben angelegt zu nutzen. Hier würde es sich zudem empfehlen, eine Barriere zwischen den Parzellen mit einer abschirmenden Wirkung zwischen den Prüfgliedern anzulegen. In Untersuchungen zum Auftreten von Schädlingen in Winterraps im ökologischen Landbau konnten hingegen Hinweise gefunden werden, dass der Schädlingsbefall es Winterrapses durch einen Gemengeanbau mit Getreide oder Leguminosen reduziert werden kann und Gegenspieler im Gemenge gefördert werden (PAULSEN et al. 2006).

Für eine Reduzierung von Krankheiten durch Gemengeanbau werden ebenfalls verschiedene Mechanismen beschrieben. Ähnlich wie bei den Schädlingen können die räumlichen Distanzen zwischen den Wirtspflanzen in einem Gemenge höher sein, die ein pathogener Pilz zu überwinden hat. Resistente Pflanzenarten fungieren als Barriere (WOLFE 1985, FINCKH et al. 2000). Sogenannte einfache Rassen pathogener Pilze besitzen eine hohe Spezialisierung auf einen bestimmten Wirt oder sogar auf einen bestimmten Genotyp. Im Gemenge können diese Krankheiten, wie z. B. Mehltau und Roste, gut reduziert werden (GIEFFERS & HESSELBACH 1988a, MUNDT et al. 1995). Polyzyklische Erreger, die viele Ge-

nerationen pro Epidemie durchlaufen (Mehltau, Roste, Blattflecken, Blatt- und Spelzenbräune, Netzflecken) können in einem Gemenge besser eingeschränkt werden (AUFHAMMER 1999, WOLFE 1985). Des Weiteren wird eine Reduzierung insbesondere derjenigen Krankheitserreger beschrieben, die von Außen in den Bestand kommen (luftbürtige Verbreitung, z. B. Mehltau und Roste (GIEFFERS & HESSELBACH 1988a, MUNDT et al. 1995). Hingegen kann man bei bodenbürtigen Erregern, die an Stoppelresten überdauern und durch bereits vorhandene Sporen und Myzelien oder durch Spritzwasser übertragen werden, nahezu keine Reduktion durch Gemengebau erwarten. Ein Gemenge kann in diesem Fall v. a. durch Kompensation ausfallender Pflanzen einen Vorteil gegenüber Reinsaaten bieten (WOLFE 1985). Anhand der dargestellten Ergebnisse wäre zu erwarten, dass bei den *Fusarium*-Erregern (*F. nivale* (*Microdochium nivale*), *F. culmorum*, *F. graminearum* u. a.) eine Reduktion durch Gemengebau nicht eintritt. Der Erreger ist nicht spezialisiert und hat als Wirtspflanzen alle Getreidearten, Mais und zahlreiche Gräser. Zudem überdauert er an Ernterückständen und wird auch mit dem Spritzwasser übertragen (HEITFUSS et al. 1993). Dennoch könnte in einem Gemenge der Befall der Ähre mit *Fusarium* spp. durch einen längeren Abstand zwischen Fahnenblatt und Ähre behindert werden. So fanden KÖPKE et al. (2000) einen eindeutig negativen Zusammenhang zwischen dem Abstand des Fahnenblattes zur Ähre und dem Kornbefall mit *Fusarium nivale* ($R^2 = 0,62$) bei Backweizen. Das heißt, mit zunehmendem Abstand verringerte sich der Kornbefall. Im vorliegenden Versuch konnte ebenfalls ein höherer Abstand zwischen Fahnenblatt und Ähre des Weizens an den Standorten Stöckendrebber im Jahr 2004 und 2005, Reinshof im Jahr 2004 und Deppoldshausen im Jahr 2005 festgestellt werden. Dies war insbesondere in den Gemengen mit der Ackerbohne der Fall (vgl. Tab 50). *Fusarien* spp. sind nicht nur aufgrund der verursachten Krankheiten am Getreide und damit verbundenen Ertragseinbußen nicht erwünscht. Darüber hinaus stellen *Fusarien* spp. aufgrund der Bildung von Mycotoxinen (Deoxynivalenol und Zearalenol) eine Gefahr in der Human- und Tierernährung dar (PAWELZIK et al. 1998). Die Reduzierungen von Blattkrankheiten in Sortenmischungen von Getreide sind relativ gut beschrieben (GIEFFERS & HESSELBACH 1988b, HARTLEB & SKADOW 1990). Sortenmischungen des Weizens können darüber hinaus aufgrund verbesserter Backqualitäten des Kornes und höherer Kornerträge für den ökologischen Landbau interessant sein (FINCKH et al. 2003a). Bei Naturland e. V. ist bereits eine Weizensortenmischung „AchTaBu“ aus den Sorten Achat, Tamaro und Bussard im Anbau (VOGT-KAUTE 2005b). Darüber hinaus gibt es bei Kartoffeln Hinweise, dass durch Diversifikationsstrategien u. a. auch durch Gemengebau (Kartoffelsortenmischungen) die Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans* (Mont)) reduziert werden kann (FINCKH et al.

2003b, STOLZ et al. 2003). Aktuellere dänische Untersuchungen zu Krankheiten der Erbse im ökologischen Landbau ergaben einen um bis zu 40 % reduzierten Befall mit Brennflecken (*Ascochyta pisi*, *Phoma medicarginis* und *Mycosphaerella pinodes*), wenn die Erbse im Gemenge mit Gerste angebaut wurde (KINANE & LYNKJÆR 2005).

Lager des Getreides, ausgelöst durch Wind oder Niederschläge, ist begründet in der Standfestigkeit der Sorten, der Resistenz gegenüber Wurzel- und Stängelerkrankungen, der Pflanzenhöhe und dem Reifezeitpunkt sowie in der Höhe der Stickstoffdüngung (AUFHAMMER 1999). Mechanisch simuliertes Lagern führte in den Versuchen von SCHOOLS & LANGELAAN (1994) zu einem Kornertragsverlust der Erbse von bis zu 45,0 %. Sortenmischungen von Getreide weisen häufig eine geringere Lagerneigung als Reinsaaten auf (AUFHAMMER et al. 1984, GIEFFERS & HESSELBACH 1988a, PATTERSON et al. 1963, RAMGRABER et al. 1990b). Im Gemenge aus Körnerleguminosen und Getreide kann das Getreide als Stützfrucht dienen. Bei der Erbse wurde eine geringere Lagergefahr im Gemenge mit Hafer (GLIEMEROTH 1949, POTTS 1982), mit Roggen (KARPENSTEIN-MACHAN & STÜLPNAGEL 2000) oder mit Leindotter (MAKOWSKI 2002) ermittelt. Linsen im Gemenge mit Nacktgerste lagerten weniger als in Reinsaat (HOF 2002). Die Erbse ist dabei in der Lage, sich mit ihren Ranken um z. B. eine Nichtleguminose zu schlingen, während die Linse sich eher abstützt (COWELL et al. 1989). Ferner beschreibt STELLING (1997) eine geringere Lagerneigung der Erbse im Gemenge mit Ackerbohne. Im vorliegenden Versuch wurde ebenfalls ein geringeres Lager der Erbse im Gemenge ermittelt (vgl. Abb. 37 bis 42). Die Erbse lagerte in Reinsaat zum Teil stark. In den Gemengen hingegen konnte auf fast allen Standorten und Jahren eine deutliche Verbesserung der Standfestigkeit der Erbse durch höhere Bestandeshöhen festgestellt werden. Dabei erwiesen sich das Gemenge in Mischsaat und das Gemenge mit abwechselnden Reihen als vorteilhafter im Vergleich zum Reihenstreifen-Gemenge. Offensichtlich konnte sich die Erbse in Mischsaat und bei alternierenden Reihen besser am Weizen festhalten. Die Reduzierung von Nährstoffverlusten als weitere ökologische Leistung eines Gemenges ist im Abschnitt N_{\min} -Mengen im Boden bereits diskutiert worden.

Zur Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis des ökologischen Landbaus dienen die Weiterentwicklung der Drilltechnik mit der Firma Amazone und die Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse (siehe auch: weiterführende Fragestellungen).

Bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse

Im Jahr 2004 wurden verschiedene Vorträge gehalten (C. Hof-Kautz: Beteiligung an einer Feldbegehung mit Landwirten am Standort Göttingen (28.06.2004); Vortrag Gemengeanbau im Modul „Acker- und pflanzenbauliche Übungen“ vor Studierenden der Universität Göttingen (12.05.2004); Vortrag bei der Interessengemeinschaft Mischfruchtanbau vor Landwirten, Beratern und Vertretern der Wissenschaft in Hohenbercha (09.12.2004); Vortrag Naturland-Treffen von Herrn Prof. Link vor Landwirten und Vertretern der Wissenschaft in Göttingen (10.12.2004); Praktikum an der HTW Dresden mit den Studierenden zu den Backqualitätsuntersuchungen (07.05.2004); K. Schmidtke: Vortrag auf der Gäa-Tagung „Körnerfruchtgemenge mit Leguminosen – neue Strategien im Ackerbau des ökologischen Landbaus“, Krögis bei Meißen (07.02.2004). Verschiedentlich wurde im Jahr 2004 auf das Forschungsvorhaben hingewiesen: Feldversuchsführer Reinshof und Marienstein der Georg-August-Universität Göttingen; Forschungsbericht des Jahres 2004 der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Forschungsbericht des Jahres 2004 des Präsidenten der Georg-August-Universität Göttingen; Artikel in der Fachzeitschrift *Lebendige Erde* (HOF & RAUBER 2004) und dem *Gäa-Journal* (SCHMIDTKE 2004). Darüber hinaus konnte die Teilnahme an der Feldbegehung der Interessengemeinschaft Mischfruchtanbau in Mauern und Pfaffenhofen (17.06.2004) realisiert werden, die dem Erfahrungsaustausch zwischen Praxis und Forschung diene.

Im Jahr 2005 wurden ebenfalls verschiedene Vorträge gehalten (C. Hof-Kautz: Vortrag Bioland-Wintertagung NRW in Hamm (24.01.2005); Praktikum an der HTW Dresden mit den Studierenden zu den Backqualitätsuntersuchungen (13.05.2005); Feldbegehung am Reinshof zum Tag der Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen (03.06.05); Übungen zu einem Gemengeversuch innerhalb des Wahlmoduls Acker- und pflanzenbauliche Übungen am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung in Göttingen (20.10., 27.10. und 17.11.05); Vortrag bei der Interessengemeinschaft Mischfruchtanbau vor Landwirten, Beratern und Vertretern der Wissenschaft in Hohenbercha (01.12.2005), K. Schmidtke: Vortrag bei der Interessengemeinschaft Mischfruchtanbau vor Landwirten, Beratern und Vertretern der Wissenschaft in Hohenbercha (01.12.2005). In Publikationen wurde auch im Jahr 2005 auf das Forschungsvorhaben hingewiesen: Betrag zur 8. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, Anfang März 2005 in Kassel (HOF et al. 2005); Skript zur Bioland-Wintertagung NRW; Beitrag zum Workshop der FAL Braunschweig am 17.01.05 zur Bedeutung des Mischfruchtanbaus mit Ölpflanzen für die energetische Verwertung (HOF & RAUBER 2005a); Artikel im Heft *Technologie-Informationen*

niedersächsischer Hochschulen (HOF & RAUBER 2005b); Feldversuchsführer 2005 Reinshof und Marienstein der Georg-August-Universität Göttingen; Forschungsbericht des Jahres 2005 der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Forschungsbericht des Präsidenten des Jahres 2005 der Georg-August-Universität Göttingen. Auf der Agritechnica in Hannover im November 2005 konnte den Organisatoren (Anita Idel und Ulrich Frohnmeyer) Bildmaterial zur Ausgestaltung des Messstandes „BMVEL-Spezial Ökologischer Landbau“ zum Thema Mischfruchtanbau sowie die Broschüre „Anbau von Gemengen im ökologischen Landbau“ aus dem vom Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Pflanzenbau durchgeführten BLE-Projekt 02OE221 zur Verfügung gestellt werden. Herr K. Schmidtke war auf der Agritechnica in Hannover Teilnehmer einer Diskussionsveranstaltung zum Gemengebau (08.11.2005).

Für den Transfer des gewonnen und im Projekt erarbeiteten Wissens dienten auch die von uns durchgeführten Feldbegehungen. Es wurden in der Vegetationszeit 2005 zwei Feldbegehungen realisiert, die reges Interesse fanden. Dabei konnte die entwickelte Doppel-Drillmaschine der Firma Amazone zur gleichzeitigen Aussaat sehr unterschiedlicher Arten bzw. zur räumlichen Anordnung im Gemenge vorgestellt werden. Der erste Termin fand am 17.05.05 mit ca. 25 Personen in Stöckendrebber statt. Der ortsansässige Biolandwirt unterstützte die Veranstaltung an diesem Tag hervorragend mit der Versorgung der Gäste mit Getränken und Speisen sowie mit der Erweiterung des Programms, indem er von seinen Erfahrungen mit dem Anbausystem Weite Reihe berichtete und die entsprechende Gerätetechnik für diese Anbauform vorstellte (Drilltechnik, Hacktechnik, Reihenmulcher). Der zweite Termin fand am 05.07.2005 mit ca. 30 bis 40 Personen am Standort Reinshof bei Göttingen statt. Zur Erweiterung des Programms wurde hierbei das Thema Gemengeanbau in den Vordergrund gerückt. So wurden am Reinshof neben den Feldversuchen zum BLE 03OE050 auch weitere Gemengeversuche mit verschiedenen Erbsensorten und Hafer sowie Gemenge aus Mais mit Phaseolusbohne und Ackerbohne vorgestellt. Am Nachmittag übernahm die Universität Kassel, Witzenhausen, die Gestaltung des Programms. Hier stand die Vorstellung des EU-Projektes „Intercrop“ – Mischanbau von sommerannuellen Körnerfruchtgemenge im ökologischen Landbau (Erbse/Gerste, Ackerbohne/Weizen, Ackerbohne/Hafer) im Vordergrund. Darüber hinaus konnten Gemengeversuche von Wintererbse mit Winterroggen besichtigt werden. Das Zusammenstellen eines derart umfangreichen Programms sowie die Zusammenarbeit von drei Hochschulstandorte (Universität Kassel, Universität Göttingen, HTW Dresden) ist von den Teilnehmern als sehr positiv bewertet worden.

Im Jahr 2006 wurden wiederum verschiedene Vorträge gehalten (C. Hof-Kautz: Seminarvortrag in St. Pölten und Karlstein (Waldviertel) in Österreich zum Thema „Möglichkeiten und Grenzen von Mischkulturen im Biolandbau“ vor Landwirten und Beratern am 13. und 14.02.2006 organisiert von M. Fischl, Niederösterreichische Landwirtschaftskammer, Referat Ackerbau und Grünland, Bioberatung; Vortrag Pflanzenbautagung in Rostock am 21.09.2006; C. Hochmuth (Mitarbeiter von K. Schmidtke): Diskussion an Demonstrationsparzellen bei den DLG-Feldtagen vom 20. bis 22.06.2006 in Hanau. In weiteren Publikationen wurden im Jahr 2006 Ergebnisse des Projektes vorgestellt und diskutiert bzw. auf das Projekt hingewiesen (Seminarunterlagen St. Pölten/Karlstein, Österreich; Beitrag zur Tagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Rostock 2006 (HOF et al. 2006); Forschungsbericht des Jahres 2005 der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Forschungsbericht des Präsidenten 2006 der Georg-August-Universität Göttingen; Abschlußbericht des Forschungsvorhabens „Transfer bisheriger Forschungsergebnisse aus dem Bereich des Gemengeanbaus von Körnerleguminosen mit Getreide insbesondere zur Qualitätsverbesserung von Winterweizen im Gemenge mit Winterackerbohne und Wintererbse im ökologischen Landbau im Rahmen der DLG-Feldtage 2006 in die landbauliche Praxis“, Projekt Nr. T097/01 gefördert durch die Professor Werner Schulze-Stiftung. Weiterhin sind im Rahmen des Projektes jeweils eine Diplomarbeit zur Backqualität von Winterweizen (HOCHMUTH 2006) sowie zum Saatgutwert des Weizens aus Gemengebau mit Körnerleguminosen (RAABE 2006) am Fachgebiet Ökologischer Landbau der HTW Dresden erstellt worden.

Am Standort Dresden ist im Herbst 2005 auf einem Praxisbetrieb wie vorgesehen ein Demonstrationsversuch angelegt worden, um diesen in einer weiteren Feldbegehung im Frühsommer 2006 vorzustellen. Diese Feldbegehung fand am 14.07.2006 in gemeinsamer Organisation von Herrn U. Müller, Gäa-Vereinigung Ökologischer Landbau e.V. Dresden mit Herrn Prof. Dr. Knut Schmidtke, HTW Dresden, und C. Hof-Kautz, Universität Göttingen, statt. Es wurden zwei ökologisch wirtschaftende Betriebe besucht. Neben dem Demonstrationsversuch des Projektes wurden Informationen zum ökologischen Rapsanbau durch Herrn U. Müller bereitgestellt sowie verschiedene Feldfrüchte (Weizen, Triticale, Nackthafer, Dinkel, Wickroggen, Raps, Kartoffeln, Luzerne) besichtigt. Es fand eine rege Diskussion zwischen den Praktikern sowie mit den Veranstaltern statt.

Im Jahr 2007 wurden die Ergebnisse des Projektes in einem Kolloquiumsvortrag im Rahmen des Promotionsvorhabens von Frau C. Hof-Kautz am 31.01.2007 in Göttingen sowie im Rahmen der 9. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau am 21.03.2007 in Stuttgart-Hohenheim vorgestellt. Zur 9. Wissenschaftstagung wurde ein Beitrag erstellt (HOF-KAUTZ et al. 2007). Darüber hinaus wird mit dem vorliegenden Abschlussbericht des Projektes BLE 03OE050 der Transfer des gewonnenen Wissens sowie mit dem daraus resultierenden Beraterrundbrief gewährleistet. Weitere Veröffentlichungen in referierten Zeitschriften sind geplant. Ferner dienen die gewonnenen Daten der Promotion von Frau Hof-Kautz.

5 Gegenüberstellung geplante/erreichte Ziele

Grundsätzlich konnten alle geplanten Arbeiten ausgeführt werden. Es ergaben sich jedoch geringfügige Änderungen hinsichtlich der zeitlichen Realisierung einiger Arbeitsschritte: So war das Winterhalbjahr 2003/04 relativ mild und nass. Es konnten daher die Zählungen des Feldaufgangs erst ab Januar (Betretung der Parzellen bei Frost) durchgeführt werden. Der geplante Umbau zweier Drillmaschinen für eine gemeinsame Aussaat von Gemengen in Reihen-Streifen- und alternierender Reihenanordnung konnte nicht wie geplant in den Monaten Januar bis März 2004 sondern erst im September 2004 realisiert werden, da die Maschinen erst zu dieser Zeit von der Firma Amazonen-Werke zur Verfügung standen. Dennoch konnten die Aussaaten im Herbst 2004 wie vorgesehen mit der umgebauten Maschine durchgeführt werden. Einige Arbeiten zur Aufarbeitung und Analyse des Erntegutes konnten Ende des Jahres 2004 nicht vollständig abgeschlossen werden, da für die Tätigkeiten des Wissenstransfers in die Praxis mehr Arbeitszeit verwandt worden ist als zunächst vorgesehen war.

Darüber hinaus wurden zusätzliche Arbeiten in den Jahren 2003 und 2004 erledigt, die bei Erstellung des Projektantrages nicht absehbar waren. So musste eine Ablenkfütterung gegen Krähen im Winter 2003/2004 am Standort Reinshof durchgeführt werden. Da die Drilltechnik zu Versuchsbeginn noch nicht vorhanden war, wurden in einigen Gemengevarianten (alternierende Reihen und Reihen-Streifen-Gemenge) der Weizen von Hand gesät, um eine exakte Ablage zwischen den Leguminosenreihen zu gewährleisten. Diese Handsaaten beanspruchten viel Arbeitszeit. Ferner wurde im Winter 2003/2004 ein Topfversuch zur Ermittlung des $\delta^{15}\text{N}_0$ -Wertes der Ackerbohne und der Erbse durchgeführt, die auf einem N-freien Nährmedium angezogen wurden. Im Februar und März 2004 war Gelegenheit in der Abteilung Qualität pflanzlicher Produkte der Universität Göttingen, Professur von Frau Prof. Dr. E. Pawelzik, die Analysen zur Backqualität des Weizens zu erlernen.

Den geplanten Feldtag im Jahr 2004 wurde aus verschiedenen Gründen in das zweite Vegetationsjahr verschoben. Gründe hierfür waren zum einen, dass der Termin für zu früh erachtet wurde, da zu dem vorgesehenen Zeitpunkt keine Ergebnisse aus dem Projekt hätten präsentiert werden können. Nicht zuletzt sollte auf dem Feldtag eine praxistaugliche Drilltechnik vorgeführt werden, die aber erst im Spätsommer vorhanden war. Im Jahr 2005 wurden deshalb zwei Feldbegehungen durchführen (Göttingen, Stöckendrebber). Der Demonstrationsversuch am Standort Dresden wurde im Jahr 2006 zusätzlich präsentiert.

Neben den geplanten der Feldversuchsdurchführung dienenden Arbeiten konnte eine Öffentlichkeitsarbeit realisiert werden, die der Verbreitung des Wissens zum Thema Gemengeanbau insbesondere in die Praxis des ökologischen Landbaus diene (siehe Abschnitt 4 Nutzen und Verwendbarkeit der Ergebnisse, bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse). Für Vorträge und Publikationen musste zusätzliche Arbeitszeit eingeplante werden (Tab. 59).

Im zweiten Versuchsjahr 2005 konnten die vorgesehenen Arbeiten termingerecht durchgeführt werden (Betreuung und Beerntungen des laufenden Versuches). Einige Arbeiten verzögerten sich jedoch, insbesondere die Aufarbeitung der Proben und daraus resultierend die Auswertung der Daten. So dauerte die Aufarbeitung des Erntegutes sowie die Analysen zu Bestimmung des N-Gehaltes und des $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ -Verhältnisses im Pflanzenmaterial länger als geplant. Gründe hierfür waren die Reduzierung der Stellen im Kompetenzzentrum für stabile Isotope (KOSI) der Universität Göttingen wie auch im Bereich des landwirtschaftlichen Feldpersonals am Department für Nutzpflanzenwissenschaften bzw. der zusätzliche Bedarf an landwirtschaftlichem Feldpersonal durch andere Projekte innerhalb der Abteilung Pflanzbau sowie in den Abteilungen Pflanzenzüchtung und Grasland. Des Weiteren kam es zu einer zeitlichen Unterbewertung der anfallenden Arbeiten bei Antragstellung. Die Analyse der Backqualität des Weizens konnte daher erst im Herbst 2005 begonnen werden. Zusätzliche Arbeiten, insbesondere der Transfer von Wissen in die Praxis durch Vorträge, Feldbegehungen und Publikationen trugen zur Verzögerungen der Aufarbeitung, Analyse und Auswertung der Ergebnisse bei (siehe Abschnitt 4 Nutzen und Verwendbarkeit der Ergebnisse, bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse). Die geplanten Ermittlungen der Deckungsbeitragsrechnungen über die Fruchtfolge (Hauptversuch I + Nachfrucht Winterroggen) konnten aus den genannten Gründen ebenfalls erst im Jahr 2006 begonnen werden (Tab. 60).

Im Jahr 2006 wurden die Aufarbeitung der Proben (TM-Ermittlung, Vermahlen der Proben) und deren Analyse (TKM-Bestimmung, Bestimmung der Verhältnisse C/N und $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$ im Probenmaterial) sowie die Qualitätsuntersuchungen des Weizens abgeschlossen. Darüber hinaus erfolgte wie geplant die Dateneingabe und Auswertung. Die meisten Parameter der Backqualität des Weizens wurden wie geplant bis Juli 2006 erhoben. Aufgrund eines Defektes am Valiographen konnten die letzten Proben zur Bestimmung der Wasseraufnahmefähigkeit der Mehle und dem anschließenden Verbacken im Mikro-Rapid-Mix-Test erst nach der Reparatur des Gerätes im Oktober 2006 beendet werden. Die Ermittlung der De-

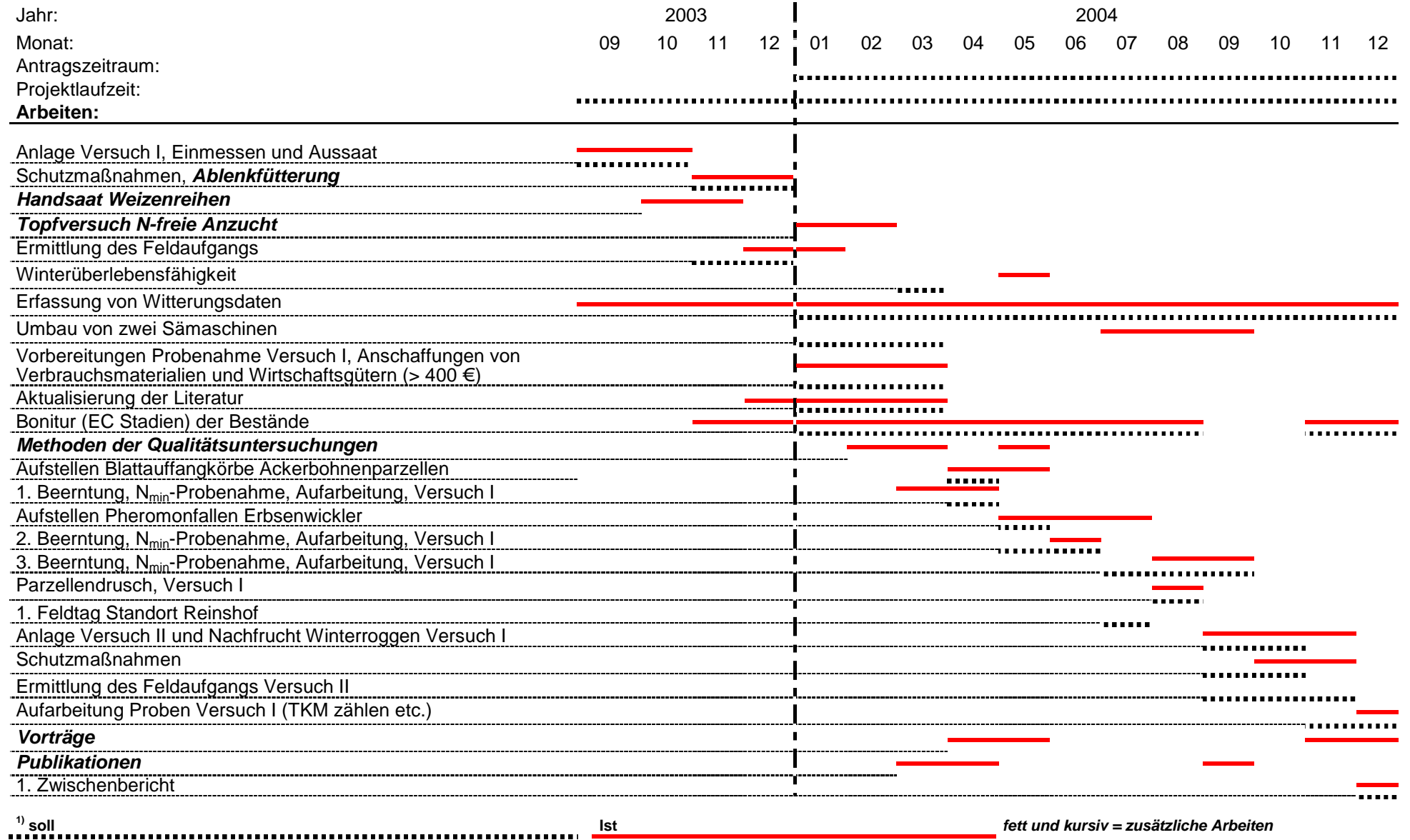
ckungsbeiträge über die Fruchtfolge sowie der Vorruchtwirkung der Gemenge und Reinsaaten erfolgte für beide Haupt- und Nachfruchtversuche gemeinsam nach der Beerntung des Roggens im August 2006. Die Aktualisierung der Literatur sowie die statistische Auswertung der Daten erfolgt sowohl im Winter 2005/2006 als auch im Winter 2006/2007. Aufgrund der Fülle an Daten aus den drei Versuchsjahren und der langwierigen Auswertung sowie der Verzögerung von Analyseergebnissen wurde der Abgabetermin des Abschlussberichtes für die BLE kostenneutral bis zum 31. März 2007 verlängert. Neben den geplanten wurden im Jahr 2006 zusätzliche Arbeiten insbesondere zum Transfer des gewonnenen Wissens durchgeführt (siehe Abschnitt 4 Nutzen und Verwendbarkeit der Ergebnisse, bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse). Wie in den Jahren davor sind diese Arbeiten nicht gesondert geplant worden Sie erwiesen sich als zeitintensiv und bedingten somit eine Verzögerung anderer Arbeiten (Tab. 61).

Die Planung, Verwendung und Überwachung der Fördermittel für das Projekt in den Jahren 2003 bis 2006 hat deutlich mehr Arbeitszeit gebunden, als zunächst absehbar war. Im Projektantrag waren diese Arbeiten nicht gesondert kalkuliert worden.

5.1 Balkenpläne

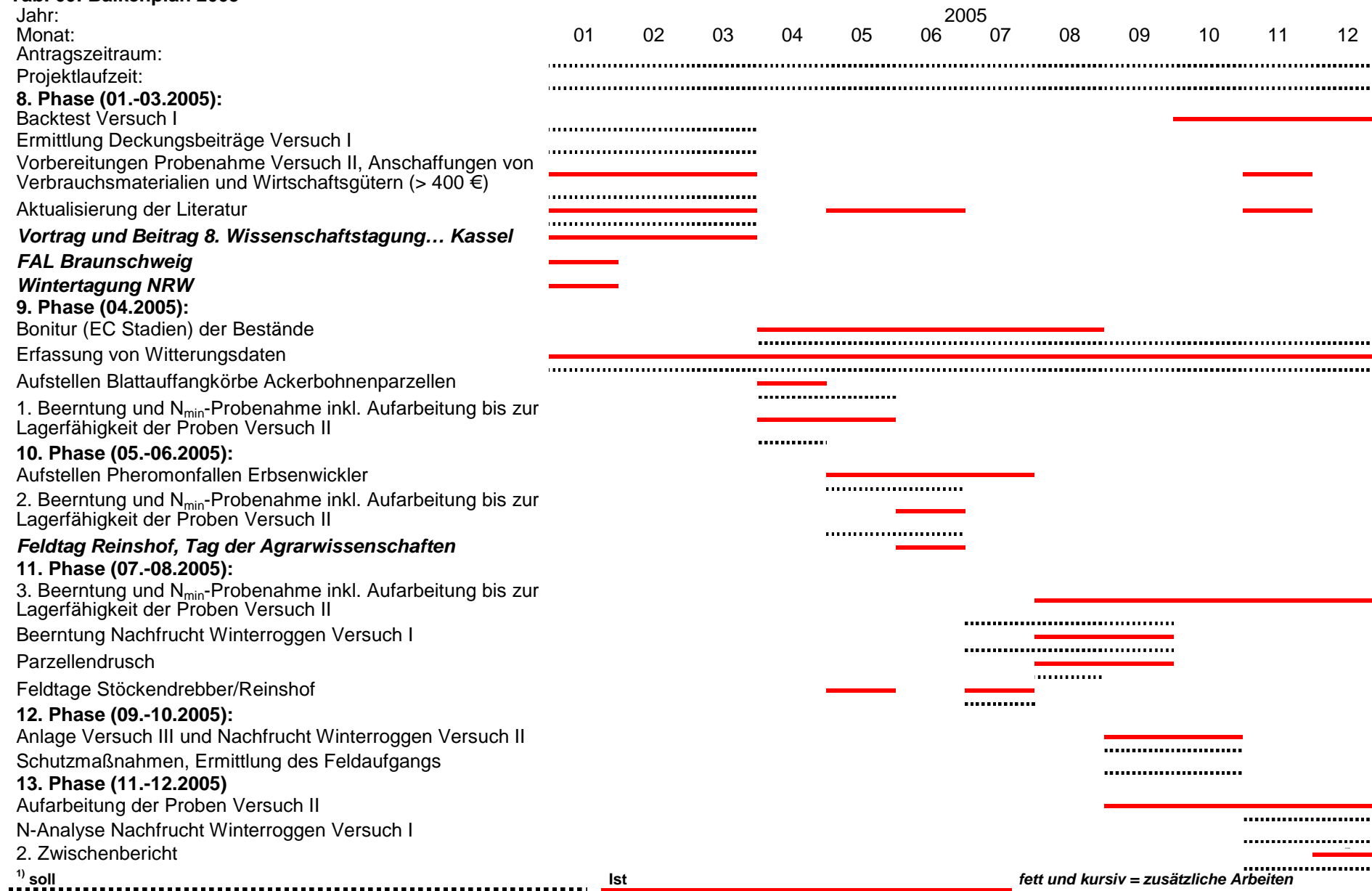
Eine Übersicht über die geplanten und die tatsächlich durchgeführten Arbeiten geben die Tabellen 59, 60 und 61 (Balkenplan).

Tab. 59: Balkenplan 2003/2004



1) soll Ist fett und kursiv = zusätzliche Arbeiten

Tab. 60: Balkenplan 2005



fett und kursiv = zusätzliche Arbeiten

5.2 Weiterführende Fragestellungen

Für eine Umsetzung in die Praxis des ökologischen Landbaus müssen die Winterkürnerleguminosen hinsichtlich Winterüberlebensfähigkeit, Abreifeverhalten und Futterwert weiter verbessert werden. Die taninhaltige Ackerbohne Hiverna ist derzeit die einzige zugelassene Winterackerbohnenart in Deutschland. Die neu zugelassene Sorte EFB 33 ist aufgrund ihres massigen Wuchses (vollbeblätterte Sorte) nicht für Druschgemenge sondern eher für Gemenge- oder Reinsaatbau zur Biomasseerzeugung zu empfehlen. Die französische Wintererbsensorte Cheyenne als halbblattlose, weiß blühende Kürnererbse war für das Gemenge mit Weizen im vorliegenden Versuch gut geeignet. Die Sorten Hiverna und Cheyenne sind für unsere Breiten jedoch noch nicht ausreichend winterhart. Die Saatstärken im Gemenge mit Winterkürnerleguminosen müssen für verschiedene Standorte weiter optimiert werden. Aufgrund der milden Winter bestockte die Winterackerbohnenart Hiverna nicht so stark wie erwartet. Die Bestände mit der Winterackerbohne waren auf dem Standort Stöckendrebber insbesondere im Jahr 2004 zu dünn. Am Standort Reinshof war die Ackerbohne hingegen zu konkurrenzstark. Auf derartigen Standorten müsste die Saatstärke der Ackerbohne geringer ausfallen. Die Erbse konnte sich im Gemenge mit dem Weizen am Standort Reinshof nur schwer behaupten, so dass ebenfalls die Saatstärke verändert werden müsste. Am Standort Stöckendrebber haben die Gemenge mit der Erbse gute Bestandesdichten erbracht. Die Saatstärken an einem extrem ungünstigen Standort wie in Deppoldshausen müssten insgesamt höher gewählt werden. Offensichtlich kann nicht ohne weiteres von den Saatstärken der Sommerformen auf Gemengekombinationen mit Winterkürnerleguminosen geschlossen werden. Die Winterkürnerleguminosen sind in ihrer Entwicklung um ein bis zwei Wochen früher als die Sommerformen. Hinzu kommt die Gefahr der Auswinterung, die möglicherweise im Gemenge durch den Schutz einer zweiten Art verbessert sein kann. Hinsichtlich der optimalen Saatstärke im Gemenge aus Winterkürnerleguminosen mit Wintergetreide besteht deshalb erheblicher Forschungsbedarf.

Die Reihenweiten im Gemenge müssen ebenfalls an den Standort und die Technik angepasst werden. Der vorliegende Versuch mit nur drei unterschiedlichen Reihenweiten kann nur Hinweise aufzeigen. In der Praxis ist beim System „Weite Reihe“ ein Reihenabstand von 40,0 bis 50,0 cm gebräuchlich. Die Gemenge müssten hinsichtlich des Reihenabstandes weiter optimiert werden. Aufgrund der Lagergefahr der Erbse könnten hier eher geringere Reihenabstände von Vorteil sein (Mischsaat, abwechselnde Reihen). Bei der Acker-

bohne haben die hohen Proteingehalte einhergehend mit sehr guten Qualitäten des Weizens sowie der Gradient an N_{\min} -Vorrat im Boden unter den Ackerbohnen gezeigt, dass es von Vorteil sein könnte, dieses Gemenge als Reihen-Streifen-Gemenge anzubauen. Die Kornerträge und die Tausendkornmassen des Weizens waren jedoch am Standort Reins-hof ungenügend.

Für die Aussaattechnik gibt es derzeit schon einige Möglichkeiten zwei Arten im Gemenge mit nur einer Überfahrt zu drillen und dabei die unterschiedlichen Ansprüche an die Ablagetiefen zu berücksichtigen, dem Problem der Entmischung der Saaten im Saatgutbehälter entgegenzuwirken sowie unterschiedliche Verteilungsmuster (abwechselnde Reihen, Reihen-Streifen-Gemenge) zu etablieren. Für den Einstieg in den Gemengeanbau kann eine Mischsaat angebaut werden (z. B. Erbse und Weizen als Saatgutmischung im Saatgutbehälter bei mittlerer Ablagetiefe) oder die Gemenge durch zweimalige Überfahrt zu etablieren. Dennoch sollte weiterhin an einer optimalen Sätechnik zur Etablierung von unterschiedlichen Gemengen gearbeitet werden.

Grundsätzlich können die im Versuch angebauten Gemenge relativ gut zusammen gedroschen werden. Dennoch bestehen einige Schwierigkeiten. Die Winterkörnerleguminosen reifen ungleich von unten nach oben ab. Dies führt zu Bruchstücken im Druschgut. Insbesondere bei der Ackerbohne sind diese nur sehr schwer vom Weizen zu trennen. Lösungsansatz könnte die weitere züchterische Verbesserung der Sorten sein, um eine gleichmäßige Abreife der Körnerleguminose zu gewährleisten. Zudem müssten verschiedene Sorten der Winterkörnerleguminosen im Gemenge mit dem Weizen hinsichtlich einer gemeinsamen Abreife geprüft werden. Die Wintererbse Cheyenne war tendenziell zu früh, die Winterackerbohne Hiverna tendenziell zu spät reif. Allerdings konnte beobachtet werden, dass sich die Arten im Gemenge im Abreifetermin anpassen. Eine weitere Möglichkeit die Reinigung des Weizens von Ackerbohnen- oder Erbsenbruchstücken zu vermeiden, könnte darin liegen, die Leguminosen zum Zeitpunkt der Blüte zu mulchen. Bei weiteren Reihen im Reihen-Streifen-Gemenge wäre dies möglich. Die Technik zum Reihenmulcher ist auf Betrieben, die Weizen im System Weite Reihe anbauen, zum Teil bereits vorhanden. Hierzu müsste der optimale Mulchtermin geprüft werden, bei dem noch ausreichend Konkurrenz auf den Weizen stattfindet, die zur Ausbildung des Gradient an N_{\min} im Boden und einer späteren Nutzung des mineralischen Stickstoffvorrates des Bodens durch den Weizen führt und somit möglicherweise zur Qualitätsverbesserung beiträgt.

Die Qualität des Weizens im Gemenge war deutlich höher als in den Reinsaaten, allerdings mit zum Teil hohen Ertragsverlusten. Dabei waren die Gemenge nicht effizient. Die spezifische Qualität des Weizenkornes aus Gemenge im SDS-Sedimentationsvolumen, Mikro-Rapid-Mix-Test pro Prozentpunkt Protein im Korn war negativ mit dem Proteingehalt des Weizenkornes korreliert. Hierzu müssten weitere Untersuchungen durchgeführt werden, um die Ursachen zu klären. Beispielsweise könnte eine Analyse der Proteinuntergruppen sowie der Schwefelgehalt Aufschluss über die Zusammensetzung der qualitätsbildenden Proteine in den Weizenmehlen aus Gemengeanbau geben.

Die Deckungsbeitragsrechnungen haben gezeigt, dass es sich lohnt, Winterkörnerleguminosen mit Winterweizen anzubauen. Auf einen sehr guten Standort, wie hier am Standort Reinshof geprüft, führte der Anbau der Gemenge mit der Ackerbohne zu den höchsten Deckungsbeiträgen. In Stöckendrebber auf dem Standort mit eher sandigem Boden wurden im Jahr 2004 mit dem Anbau der Gemenge mit Erbse die höchsten Deckungsbeiträge erzielt. Über zwei Früchte (Vor- und Nachfrucht) wiesen die Gemenge aufgrund der hohen Vorruchtwirkung ebenfalls sehr gute Gesamtdeckungsbeiträge auf, wenngleich die Ackerbohnenreinsaat häufig noch darüber lag. Gemenge in die Fruchtfolge zu integrieren, stellt eine ackerbauliche Herausforderung dar. Hierzu müssten weiterführende Untersuchungen hinsichtlich einer Fruchtfolge mit Gemengen in Bezug auf z. B. Krankheitsübertragung durchgeführt werden.

6 Zusammenfassung

In den Vegetationsperioden 2003/2004 und 2004/2005 wurden auf drei unterschiedlichen Standorten – Reinshof, Versuchsgut der Universität Göttingen: Auenlehm, toniger Lehm mit \varnothing 83 Bodenpunkte (BP); Stöckendrebber, Biolandbetrieb: Schwemmsand, lehmiger Sand mit \varnothing 40 BP sowie Deppoldshausen, Versuchsgut der Universität Göttingen: Muschelkalkverwitterungsboden, toniger Lehm mit \varnothing 46 BP – Reinsaaten und Gemenge von Winterweizen mit Winterackerbohne und Wintererbse in einer vollrandomisierten Blockanlage geprüft. Der Weizen (*Triticum aestivum* L.) Sorte Bussard wurde in Reinsaat mit 300 Körner/m² (100 %) sowie 60 Körner/m² (20 %) etabliert und jeweils in Reihenweiten von 15, 30 und 75 cm variiert. Die Reinsaaten der Körnerleguminosen Winterackerbohne (*Vicia faba* L.) Sorte Hiverna betragen 30 Körner/m² bzw. Wintererbse (*Pisum sativum* L.) Sorte Cheyenne 80 Körner/m² bei jeweils zwei Reihenweiten (15 und 30 cm). Die Gemenge wurden substitutiv mit 20 % Weizen und 80 % Leguminose der jeweiligen optimalen Reinsaatstärke angelegt (60 Körner/m² Weizen + 24 Körner/m² Ackerbohne bzw. 64 Körner/m² Erbse). Im Gemenge wurde ebenfalls die Reihenweite des Weizens mit 15, 30 und 75 cm variiert. Dies führte zu den Gemengeanbauformen Mischsaat (WA15, WE15), alternierenden Reihen (WA30/30, WE30/30) und Reihen-Streifen-Gemenge (WA75/15, WE75/15). Mittels der Nachfrucht Winterroggen (*Secale cereale* L.) Sorte Hacada wurde in den Vegetationsperioden 2004/2005 und 2005/2006 die Vorfruchtwirkung der Rein- und Gemengesaaen ermittelt. Zu Etablierung der Gemenge kam eine umgebaute Kastendrillmaschine (zwei baugleiche Typen) mit Unterstützung der Firma Amazone zum Einsatz. Im Hauptversuch wurden drei Beerntungen zur Ertragsanalyse sowie umfangreiche Beprobungen des N_{min}-Vorrates im Boden zu den Stadien BBCH 25, 65 und 89 des Weizens durchgeführt. Die Qualität des Weizenkorns aus Rein- und Gemengesaat wurde mittels der Parameter Gehalt an Proteingehalt und Fechtgluten, SDS-Sedimentationswert, Mikro-Rapid-Mix-Test und Fallzahl bestimmt. Darüber hinaus wurde der N-Ertrag, die symbiotische N₂-Fixierleistung der Winterkörnerleguminosen, der Transfer symbiotisch fixierten Stickstoffs von den Körnerleguminosen zum Weizen sowie die N-Bilanzsalden, die mit dem Anbau der Bestände einher gingen, berechnet. Des Weiteren waren die Winterüberlebensfähigkeit der Körnerleguminosen, der Befall mit dem Erbsenwickler (*Cydia nigricana* F.) und das Lager der Erbse Gegenstand der Untersuchungen. Die Anbauformen wurden mittels Deckungsbeitragsrechnung ökonomisch bewertet.

Der Weizen erzielte in Reinsaat mit einer Aussaatstärke von 60 Körnern/m² aufgrund der Kompensation über Bestockung und Anzahl Körner pro Ähre in der Regel gleich hohe Kornerträge wie mit einer Aussaatstärke von 300 Körnern/m². In Reinsaat wurden beim Weizen im Mittel zwischen 2,4 und 43,2 dt TM ha⁻¹ Kornertrag ermittelt. Die Körnerleguminosen erbrachten in Reinsaat im Mittel zwischen 27,2 und 67,3 dt TM ha⁻¹ (Ackerbohne) bzw. 13,2 und 34,6 dt TM ha⁻¹ (Erbse) Kornertrag. Im Gemenge wurden in der Regel geringer Kornerträge der jeweiligen Art ermittelt. In der Summe beider Arten ergab sich jedoch häufig ein relativer Mehrertrag (RYT). Absolute Mehrerträge der Gemenge wurden nur am Standort Stöckendrebber bestimmt. Die Reihenweite hatte in der Regel keinen Einfluss auf die Höhe des Kornertrages des Weizens (Ausnahme Standort Reinshof im Jahr 2004). Die Konkurrenz der Ackerbohne auf den Weizen war am Standort Reinshof sehr hoch. Dies zeigte sich an den geringen Erträgen, den niedrigen Verdrängungskoeffizienten und Tausendkornmassen des Weizens. Die Qualität des Weizens war in den Gemengen insbesondere mit der Ackerbohne hingegen mit bis zu 15,4 % Rohprotein (Reihen-Streifen-Gemenge) deutlich höher als in den Reinsaaten. Im Mittel über alle Standorte und Jahre wurde ein Rohproteingehalt im Korn des Weizens von 9,2 und 9,8 % bei 100 % bzw. 20 % Reinsaat sowie 12,3 und 10,6 im Gemenge mit Ackerbohne oder Erbse ermittelt. Die Erhöhung der Reihenweite auf 75 cm führte ebenfalls zur Qualitätsverbesserung des Weizens. Die Qualitätsparameter (außer die Fallzahl) waren eng mit dem Rohproteingehalt korreliert. Aufgrund der Schalenanteile im Vollkornmehl wurden insgesamt sehr hohe SDS-Sedimentationsvolumen (50 bis 95 ml) und sehr niedrige Backvolumen (220 bis 320 ml je 100 g Mehl) festgestellt. Die Untersuchungen zeigten, dass eine zeitliche (in Richtung Kornfüllungsphase) und räumliche (im Reihenzwischenraum unter den Leguminosen) Verschiebung der Nutzung des mineralischen Stickstoffes im Boden durch den Weizen im Gemenge mit Ackerbohne und Erbse offenbar mit für die ermittelte höhere Backqualität des Weizens aus Gemengebau verantwortlich zeichnet. Dies galt insbesondere für den Anbau im Reihen-Streifen-Gemenge. Die Untersuchungen zeigten darüber hinaus, dass zur Blüte in den Gemengen noch N_{min}-Stickstoff im Unterboden vorhanden war.

Es konnte ein Transfer symbiotisch fixierten Stickstoffs der Ackerbohne und Erbse zum Weizen nachgewiesen werden, der ebenfalls die Qualität des Weizens aus Gemengebau erhöht haben dürfte. Es wurde bei der Ackerbohne ein N-Transfer bis zu 10,2 kg ha⁻¹ und für die Erbse ein N-Transfer bis zu 13,1 kg ha⁻¹ ermittelt und im Weizenspross wieder gefunden. Durch eine sehr hohe Konkurrenz durch die Ackerbohne waren beim Weizen aus Gemengebau mit der Ackerbohne niedrige Tausendkornmassen zu verzeichnen, die of-

fenbar zu einer relative N-Anreicherung im Korn aufgrund zu geringer Stärkeeinlagerung geführt haben. Hierdurch ließe sich die ermittelte hohe Backqualität des Weizens aus Gemenge mit der Ackerbohne teilweise begründen.

Bei der Ackerbohne in Reinsaat wurden zur Kornreife im Mittel bis zu $279,5 \text{ kg N ha}^{-1}$ aus der Luft fixierter Stickstoff im Spross (Korn + Stroh) gefunden. Dabei nahm die Ackerbohne noch ca. $167,6 \text{ kg N ha}^{-1}$ aus dem Boden auf (Reinshof 2004). Bei der Erbse wurden im Mittel bis zu $113,1 \text{ kg N ha}^{-1}$ aus der N_2 -Fixierung im Spross ermittelt bei gleichzeitiger Aufnahme von bis zu $29,4 \text{ kg N ha}^{-1}$ aus dem Boden (Stöckendrebber 2005). In den Gemengen war die N-Aufnahme der Leguminosen aus dem Boden sowie Menge der N_2 -Fixierleistung in kg N ha^{-1} geringer als in Reinsaat. Im Mittel wurden bei der Ackerbohne am Standort Reinshof im Jahr 2004 $46,7$ und $238,1 \text{ kg ha}^{-1}$ sowie bei der Erbse am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005 $13,0$ und $88,8 \text{ kg ha}^{-1}$ maximale Boden-N-Aufnahme und N_2 -Fixierung im Spross ermittelt. Hingegen war der Anteil Stickstoff aus der Luft (Ndfa) im Gemenge in der Regel höher als in Reinsaat. Im Spross betrug der Anteil, der aus der Luft stammt, bei Ackerbohne beispielsweise im Mittel $87,4 \%$ im Gemenge und $73,8 \%$ in Reinsaat, bei Erbse lagen die Anteile aus der Luft im Mittel bei $85,8 \%$ im Gemenge und $56,8 \%$ in Reinsaat (Reinshof 2004).

Die ermittelten N-Flächenbilanzsalden ergaben für beide Körnerleguminosen in der Regel einen N-Bilanzsaldo in der Reihenfolge Leguminosenreinsaat > Gemenge > Weizenreinsaat. Im Mittel über die Reihenweiten und Prüfumwelten wurden folgende N-Bilanzsalden ermittelt: Ackerbohne Reinsaat $+11,2 \text{ kg N ha}^{-1}$ > Gemenge Ackerbohne/Weizen $+0,2 \text{ kg N ha}^{-1}$ > Weizenreinsaat $-38,2 \text{ kg N ha}^{-1}$ sowie Erbse Reinsaat $-0,4 \text{ kg N ha}^{-1}$ > Gemenge Erbse/Weizen $-26,2 \text{ kg N ha}^{-1}$ > Weizenreinsaat $-38,2 \text{ kg N ha}^{-1}$.

Die Vorrfruchtwirkung der geprüften Bestände zu Winterroggen stieg in der Reihenfolge Weizenreinsaaten < Gemenge \leq Leguminosenreinsaaten. So erzielte der Roggen im über die Prüfumwelten einen Kornertrag in Höhe von $25,1 \text{ dt TM ha}^{-1}$ nach den Weizenreinsaaten, $30,0 \text{ dt TM ha}^{-1}$ nach Gemengen aus Erbse und Weizen und $28,5 \text{ dt TM ha}^{-1}$ nach Gemengen aus Ackerbohne und Weizen, $33,0 \text{ dt TM ha}^{-1}$ nach Erbsenreinsaaten und $31,0 \text{ dt TM ha}^{-1}$ nach Ackerbohnenreinsaaten.

Im Mittel über die Prüfumwelten wurde mit dem Anbau der Gemenge mit der Ackerbohne der höchste Deckungsbeitrag mit $+552,30 \text{ € ha}^{-1}$, gefolgt von den Ackerbohnenreinsaaten

mit im Mittel +505,12 € ha⁻¹ erzielt. Einen Deckungsbeitrag von +411,96 und +403,33 € ha⁻¹ war im Mittel mit dem Anbau der 100 % bzw. 20 % Reinsaaten des Weizens erwirtschaftet. Die Gemenge mit der Erbse kamen über alle Standorte und Jahre im Mittel auf einen Deckungsbeitrag in Höhe von +387,60 € ha⁻¹, während die Erbsenreinsaaten mit im Mittel +127,02 € ha⁻¹ deutlich abfielen. Dabei verhielt sich die Abstufung der erzielten Deckbeiträge zwischen den Standorten und Jahre unterschiedlich. Am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 erbrachten die Gemenge mit der Erbse den höchsten Deckungsbeitrag. Innerhalb der Ackerbohnergemenge konnte keine Variante als die Beste herausgearbeitet werden. Bei den Erbsengemengen war an den Standorten Reinshof und Stöckendrebber in den Jahren 2004 und 2005 immer die Mischsaat von Vorteil, während es in Deppoldshausen stets die Variante mit alternierenden Reihen war. Die Gesamtdeckungsbeitrag der Vorfrucht Ackerbohnenreinsaat und Nachfrucht Winterroggen überstieg mit im Mittel +1.074,81 € ha⁻¹ die Leistung aller anderen Bestände. Die Gemenge mit Ackerbohne (+953,81 € ha⁻¹) und Erbse (+930,55 € ha⁻¹) lagen im Gesamtdeckungsbeitrag deutlich über den Reinsaaten des Weizens (+710,74 € ha⁻¹) und der Erbse (+663,37 € ha⁻¹).

Stetig steigende Anbauflächen für Körnererbsen in Deutschland führen zu höherem Auftreten einiger Leguminosenschädlinge wie z. B. dem Erbsenwickler (*Cydia nigricana* F.). Die Untersuchungen hierzu zeigten keine Unterschiede zwischen dem Anbau der Erbse in Reinsaat und Gemenge aus Erbse und Weizen in den Parametern Zuflug (ermittelt über Pheromonlockstofffallen), Anteil vom Erbsenwickler befallenen Hülsen, Anteil vom Erbsenwickler geschädigte Körner sowie Ertragsverlust durch den Fraß der Larve des Anteil vom Erbsenwicklers. Pilzliche Krankheitserreger wie z. B. *Fusarium* ssp. werden unter anderem durch Regenspritzer verbreitet und gelangen so über die einzelnen Blätter zur Ähre. Der Abstand des Fahnenblattes zur Ähre kann möglicherweise bei der Verbreitung von Bedeutung sein. Ein größerer Abstand zwischen Fahnenblatt und Ähre des Weizens mit mittleren +2,3 cm im Vergleich zu den Weizenreinsaaten wurde nur im Gemenge mit der Ackerbohne festgestellt. Im Gemenge mit der Erbse wies der Weizen gleich hohe Abstände zwischen Fahnenblatt und Ähre auf.

Erbsen können beim Anbau in Reinsaat sehr stark ins Lager gehen. Dies führt zum einen zur Spätverunkrautung und erschwert zum anderen die Beerntung der Erbsen. Im Gemenge mit Getreide kann die Erbse sich am Gemengepartner abstützen oder sich sogar mit den Ranken festhalten. Ein deutliches Lagern der Erbse trat in den hier geprüften Ge-

mengen nicht auf. Dabei konnte sich die Erbse am besten in Mischsaat festhalten, während sich die Erbse bei den Reihen-Streifen-Gemengen weniger gut aufrecht halten konnte.

Für den Transfer des aus dem Projekt gewonnenen Wissens in die Praxis des ökologischen Landbaus dienten verschiedene Vorträge vor Landwirten und Beratern, mehrere Feldbegehungen, Artikel in Fachzeitschriften wie dem Gäa-Journal oder der Lebendigen Erde, die Beiträge zur 8. und 9. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau sowie der zum Projektabschluss erstellte Beraterrundbrief.

7 Literaturverzeichnis

- ABEL, H. & M. GERKEN 2004: Ackerbohnen als Futterkomponente des ökologischen Landbaus für Masthühner-Elterntiere und verschiedene Mastbroilerherkünfte. Abschlussbericht im Projekt BLE 02OE622, <http://www.orgprints.org/8941>, besucht am 06.03.2007.
- AGUILAR, A. S. & A. VAN DIEST, 1981: Rock-phosphate mobilization induced by the alkine uptake pattern of legumes utilizing symbiotically fixed nitrogen. *Plant & Soil* 61, 27-42.
- ALTIERI, M. A. & M. LIEBMANN, 1986: Insect, weed, and plant disease management in multiple cropping systems. In: FRANCIS, C. A. (ed.): *Multiple cropping systems*. Macmillan, New York, 183-218.
- AMBERGER, A., 1979: *Pflanzenernährung*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- ANDERSEN, A. J., V. HAAHR, E. S. JENSEN & J. SANDFAER, 1983: Effect of N-fertiliser on yield, protein content and symbiotic N-fixation in *Pisum sativum* L. grown in pure stand and mixtures with barley. In: THOMPSON, R. & R. CASEY (eds.): *Perspectives for peas and lupines as protein crops*. Proceedings of an International Symposium on Protein Production from Legumes in Europe, organized by University of Naples, Sorrento, Italy, 19 to 22 October 1981, 205-218.
- ANDREWS, D. J. & A. H. KASSAM, 1976: The importance of multiple cropping in increasing world food supplies. In: STELLY, M. (ed.): *Multiple cropping*. ASA Special Publication Number 27, Madison, Wisconsin, 1-10.
- ANTHES, J., 2005: Beitrag von Ackerbohne (*Vicia faba* L.), Luzerne (*Medicago sativa* L.) und Saatwicke (*Vicia sativa* L.) zur Selbstregulation der N-Zufuhr in leguminosenbasierten Fruchtfolgen. Dissertation, Universität Göttingen.
- ARMSTRONG, G. & R. G. MC KINLAY, 1997. The effect of undersowing cabbages with clover on the activity of carabid beetles. *Biological Agric. Hortic.* 15, 269-277.
- ARNDT, M., 2001: Integrierter Pflanzenschutz. Nematoden im Feldgemüseanbau. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising-Weihenstephan, 4 S.
- AUFHAMMER, W., 1999: Mischanbau von Getreide- und anderen Körnerfruchtarten. Ein Beitrag zur Nutzung von Biodiversität im Pflanzenbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- AUFHAMMER, W., E. KÜBLER & H. STÜTZEL, 1984: Effekte der Sortenmischung auf die Ertragsbildung von Gerstenbeständen. *J. Agron. & Crop Sci.* 153, 385-397.
- AUGUSTIN, D., R. RAUBER, M. KÖHNE & M. MÜLLER, 2006: Feldversuchsführer der Kloostergüter Reinhof und Marienstein 2006. Göttingen. 63 p.
- BAEUMER, K., 1992: *Allgemeiner Pflanzenbau*. 3. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- BARESEL, J. P., H. J. REENTS & G. ZIMMERMANN, 2005. Sortenbedingte Unterschiede der N-Effizienz und Beziehung zum Wurzelwachstum von Weizen (*Triticum aestivum* L.) unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus. Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 37-38.
- BECKER, K. & G. LEITHOLD, 2003a: Weitreihenbau bei Weizen: Strategie zur Optimierung von Backqualitäten und Fruchtfolge im Ökologischen Landbau. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 77-80.
- BECKER, K. & G. LEITHOLD, 2003b: Praxiseinführung des Anbaukonzeptes Weite Reihe unter besonderer Berücksichtigung des Qualitätsaspektes bei Backweizen im Ökologischen Landbau. Schlussbericht zum FuE-Projekt UM 057, <http://orgprints.org/946/01/index.html>, besucht am 02.03.2007.
- BELITZ, H.-D. & W. GROSCH, 1992: *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*. 4. Auflage, Springer-Verlag, Heidelberg.
- BERENDSE, F., 1982: Competition between plant populations with different rooting depths. III. Field experiments. *Oecologia* (Berlin) 53, 50-55.
- BERG, M., H. SCHENKE, J. EISELE, E. LEISEN & A. PAFFRATH, 2003: Getreidebau. In: Landwirtschaftskammer Rheinland, Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe, Institut für Organischen Landbau (Hrsg.): *Dokumentation 10 Jahre Leitbetriebe Ökologischer Land-*

- bau in Nordrhein-Westfalen. Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft 105, 45-63.
- BIOLAND MARKT GMBH, 2006: Sorteninformation zur Herbsaussaats 2006. <http://www.bioland-markt.de/download/saatgut-spezial-herbst-2006.pdf>, besucht am 05.12.2006
- BLADE, S. F., K. J. LOPETINSKY, T. BUSSE & P. LAFLAMME, 2001: Grain and silage yield of field pea/cereal cropping combinations. 4th European Conference on Grain Legumes, Cracow, Part II – Posters – Cropping systems, 348-349.
- BMVEL, 2005: Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2005. Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Berlin.
- BOLLER, B.C. & J. NÖSBERGER, 1988: Influence of dissimilarities in temporal and spatial N-uptake pattern on ¹⁵N-based estimates of fixation and transfer of N in ryegrass-clover mixtures. *Plant & Soil* 112, 167-175.
- BOLLING, H., P. GERSTENKORN & D. WEIPERT, 1986: Vergleichende Untersuchungen zur Verarbeitungsqualität von alternativ und konventionell angebautem Brotgetreide. *Getreide, Mehl und Brot* 40, 46-51.
- BOND, D. A., 1985: Recent history of varieties and of the culture of field beans (*Vicia faba*, *equine* and *minor*) in the UK. *J. Royal Sc. England* 146, 144-159.
- BOND, D. A., G. J. JELLIS, G. G. ROWLAND, J. LE GUEN, L. D. ROBERTSON, S. A. KHALIL & L. LI-JUAN, 1994: Present status and future strategy in breeding faba beans (*Vicia faba* L.) for resistance to biotic and abiotic stress. *Euphytica* 73, 151-166.
- BRINKMANN, W. & L. POPPER, 2006: Erntebericht 2006. Überblick über Eigenschaften und regionale Unterschiede der diesjährigen deutschen Roggen- und Weizenernte, Stand September 2006. www.muehlenchemie.de, besucht am 06.03.2007.
- BRÜMMER, J.-M. & H. NEUMANN, 1992: Vollkornbrötchen – Definition und Herstellungsverfahren. *Getreide, Mehl und Brot* 46, 21-25.
- BRUNNER, B., 2002: Qualität von Öko-Brotgetreide weiter verbessern. *Ökologie & Landbau* 121, 35-37.
- BSA, 2003: Beschreibende Sortenliste 2003. Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen (großkörnig), Hackfrüchte (außer Kartoffeln). Bundessortenamt, DLV, Hannover.
- BULSON, H. A. J., R. W. SNAYDON & C. E. STOPES, 1997: Effects of plant density on intercropped wheat and field bean in an organic farming system. *J. Agric. Sci. (Cambridge)* 128, 59-71.
- CARRECK, N. L. & I. H. WILLIAMS, 1997: Observation on two commercial flower mixtures as food sources for beneficial insects in the UK. *J. Agric. Sci. (Cambridge)* 128, 397-403.
- COSTELLO, M. J. & M. A. ALTIERI, 1995: Abundance, growth rate and parasitism of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) on broccoli grown in living mulches. *Agric., Ecosystems & Environm.* 52, 187-196.
- COWELL, L. E., E. BREMER & C. VAN KESSEL, 1989: Yield and N₂ fixation of pea and lentil as affected by intercropping and N application. *Canadian J. Soil Sci.* 69, 243-251.
- DAHLMANN, C. & P. VON FRAGSTEIN UND NIEMSDORFF, 2005: Mischanbau in neuem Gewand. *bioland* 11, 8-9.
- DANSO, S. K. A., F. ZAPATA, G. HARDARSON & M. FRIED, 1987: Nitrogen fixation in fababeans as affected by plant population density in sole or intercropped systems with barley. *Soil Biol. Biochem.* 19, 411-415.
- DANSO, S. K. A., F. PÄLMASON & G. HARDARSON, 1992: Is nitrogen transferred between field crops? Examining the question through a sweet-blue lupine (*Lupinus angustifolius* L.) – oat (*Avena sativa*) intercrop. *Soil Biol. Biochem.* 25, 1135-1137.
- DENYS, C. & T. TSCHARNTKE, 2002: Plant-insects communities and predator-prey ratios in field margin strips, adjacent crop fields and fallows. *Oecologia (Berlin)* 130, 315-324.
- DE WIT, C. T., 1960: On competition. *Versl. Landbouwk. Onderzoek.* No. 66.8, Wageningen, 1-82.

- DE WIT, C. T. & J. P. VAN DEN BERGH, 1965: Competition between herbage plants. Netherlands J. Agric. Sci. 13, 212-221.
- DE WIT, C. T., P. G. TOW & G. C. ENNIK, 1966: Competition between legumes and grasses. Agric. Res. Rep. 687, 1-30.
- DIEPENBROCK, W., G. FISCHBECK, K.-U. HEYLAND & N. KNAUER, 1999: Spezieller Pflanzenbau. 3. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- DREYER, W., 1992: Getreide. In: NEUERBURG, W. & S. PADEL (Hrsg.): Organisch-biologischer Landbau in der Praxis. BLV Verlagsgesellschaft mbH, München, 133-143.
- DWD, Deutscher Wetterdienst (Hrsg.) 2003 bis 2006: Monatliche Witterungsbericht Nr. 09/2003-08/2006. Verlag Deutscher Wetterdienst, Braunschweig.
- DWD, Deutscher Wetterdienst, 2006: Fallzahl. Backqualität von Weizen und Roggen. www.agrarnet.de/Forschungsstelle/Fallzahl.pdf, besucht am 09.03.2007.
- EBERT, D., U. HENGSTMANN, H. ZIMMERMANN & A. REICHEL, 1984: Stabilisierung der Sommergerstenerträge durch Anbau von Sortenmischungen. Feldwirtschaft 25, 254-258.
- EGLE, K., 2002: Untersuchungen zum Phosphor-, Kupfer-, Zink- und Cadmium-Aneignungsvermögen von drei Lupinenarten und Weidelgras unter Berücksichtigung wurzelbürtiger organischer Säuren. Dissertation, Universität Göttingen.
- EPPO-Richtlinie PP 1/175(2), 2000: Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Hrsg.), Braunschweig.
- FINCKH, M. R., G. SCHULZE-SCHILDDORF & E. PAWELZIK, 2003a: Auswirkungen der Sortenmischungsstrategie auf Backqualität, Ertrag und Krankheitsbefall im Winterweizen. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 463-464.
- FINCKH, M. R., D. ANDRIVON, L. BØDKER, H. BOUWS-BEUERMANN, R. CORBIERE, D. ELLISECHE, S. PHILIPPS & M. S. WOLFE, 2003b: Diversifikationsstrategien für das Management der Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 141-144.
- FINCK, M. R., E. S. GACEK, H. GOYEAU, C. LANNOU, U. MERZ, C. C. MUNDT, L. MUNK, J. NADZIAK, A. C. NEWTON, C. DE VALLAVIELLE-POPE & M. S. WOLFE, 2000: Cereal variety and species mixtures in practice, with emphasis on disease resistance. Agronomie 20, 813-837.
- FRANCIS, C. A., 1989: Biological efficiencies in multiple-cropping systems. Advances in Agronomy 42, 1-42.
- FRANKOW-LINDENBERG, B. E., 1986: Competition in field-sown swards of luzerne or red clover and timothy. Swedish J. Agric. Res. 16, 119-128.
- GIEFFERS, G. & J. HESSELBACH, 1988a: Krankheitsbefall und Ertrag verschiedener Getreidesorten im Rein- und Mischbau. I. Sommergerste (*Hordeum vulgare* L.) Z. Pfl.Krankh. Pfl.schutz 95, 46-62.
- GIEFFERS, G. & J. HESSELBACH, 1988b: Krankheitsbefall und Ertrag verschiedener Getreidesorten im Rein- und Mischbau. V. Vergleichender Überblick der Sortenmischungen mit Gerste, Weizen und Roggen 1984-1986. Z. Pfl.krankh. Pfl.schutz 95, 203-209.
- GILLIARD, H., 2005: Weizenkleber (Gluten) – Zusammensetzung und Gewinnung. Backmittelindustrie (bmi) aktuell 3, 18-20.
- GLIEMEROTH, G., 1949: Untersuchungen über die Einspritzung von Speiseerbsen in Hafer. Z. Pflanzenkr. Pflanzensch. 95, 203-209.
- GRAß, R. 2003: Neues Direkt- und Spätsaat von Silomais – Ein neues Anbausystem zur Reduzierung von Umweltgefährdungen und Anbauproblemen bei Optimierung der Erträge. Dissertation, Universität Kassel, Witzenhausen.
- GRAß, R. 2004: Neues Anbausystem für Ökosilomais. Land & Forst 16, 16-18.
- GRAß, R. & K. SCHEFFER, 2003a: Direkt- und Spätsaat von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht – Erfahrungen aus Forschung und Praxis. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 45-48.

- GRAß, R. & K. SCHEFFER, 2003b: Kombiniertes Anbau von Energie- und Futterpflanzen im Rahmen eines Fruchtfolgeglieders – Beispiel Direkt- und Spätsaat von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 15, 106-109.
- GRAß, R., P. URBATZKA & C. SCHÜLER, 2005: Die Wiederentdeckung der Wintererbse und ihre Nutzungsmöglichkeit. Körner, Grünfutter, Silage oder Biogas? *Landwirtschaft ohne Pflug* 6, 24-28.
- GÜNZEL, G., 1981: Mikrobackversuch, ein Maßstab zur Sorten und Zuchtwertprüfung. *Getreide, Mehl und Brot* 35, 112.
- HAAS, G., 2002: Grundwasserschutz im Organischen Landbau. Untersaaten in Kartoffeln zur Minderung hoher Restnitratmengen im Boden. *Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau*. 20, Bonn, Verlag Köster, Berlin.
- HAAS, G., 2003: Rotklee: Arten- und Sortenwahl der Gräser. In: *Dokumentation 10 Jahre Leitbetriebe Ökologischer Landbau NRW. Wissenschaft – Beratung – Praxis. Schriftenreihe des Lehr- und Versuchsschwerpunktes „Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft“ (USL), Band 105, 149-158.*
- HÄNSEL, M. 2004: Anbauvergleich von Erbsen und Sommergetreide in Reinsaaten und Gemengen im ökologischen Landbau. *Infodienst der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft* 11, 47-54.
- HAGEL, I., H. SPIEB & E. SCHNUG, 1998: Steigerung des ernährungsphysiologischen Wertes von Weizen aus ökologischem Landbau. 110. *VDLUFA-Kongreß, 14.-18.9.1998, Gießen*, 235-238.
- HALLMANN, J. 2004: Untersuchungsbericht der eingeschickten Bodenproben. *Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Münster.*
- HARENZ, H., W. KÖSTER & D. MERKEL, 1992: Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumbilanzen der Landwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland und der ehemaligen DDR von 1950 bis 1988. *Agrobiological Research* 45, 285-293.
- HARTLEB, H. & K. SKADOW, 1990: Erfahrungen mit dem Anbau von Sortenmischungen bei Sommergerste in der DDR. *Arbeitstagung der „Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtleiter“ innerhalb der Vereinigung österreichischer Pflanzenzüchter, 20.-22.11.1990, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Irnding*, 275-282.
- HAUGGAARD-NIELSEN, H. & M. K. ANDERSEN, 2000: Intercropping grain legumes and cereals in organic cropping systems. *Grain Legumes* 30, *Special Report Organic Farming*, 18-19.
- HAUGGAARD-NIELSEN, H. & E. S. JENSEN, 2001: Evaluating pea and barley cultivars for complementarity in intercropping at different levels of soil N availability. *Field Crops Research* 72, 185-196.
- HAUGGAARD-NIELSEN, H., P. AMBUS & E. S. JENSEN, 2001: Temporal and spatial distribution of roots and competition for nitrogen in pea-barley intercrops – a field study employing ³²P technique. *Plant & Soil* 236, 63-74.
- HAUGGAARD-NIELSEN, H., M. T. KNUDSEN, J. R. JØRGENSEN & E. S. JENSEN, 2006: Intercropping wheat with pea for improved wheat baking quality. *Joint Organic Congress (Odense, Dänemark)*. <http://orgprints.org/7471>, besucht am 02.06.2006.
- HAUSER, S., 1987: Schätzung der symbiotisch fixierten Stickstoffmenge von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) mit erweiterten Differenzmethoden. *Dissertation, Universität Göttingen.*
- HAUSER, S. & W. BÖHM, 1984: Erfahrungen und Ergebnisse mit dem Anbau von Winterackerbohnen. *Kali-Briefe, Bünthof*, 17, 39-52.
- HAUTER, R. & D. STEFFENS, 1985: Einfluß einer mineralischen und symbiontischen Stickstoffernährung auf Protonenabgabe der Wurzeln, Phosphat-Aufnahme und Wurzelentwicklung von Rotklee. *Z. Pfl.ernähr. Bodenk.* 148, 633-646.
- HAYNES, R. J., 1980: Competitive aspects of the grass-legume association. *Advances in Agronomy* 33, 227-261.

- HEITEFUSS, R. K. KÖNIG, A. OBST & M. RESCHKE, 1993: Pflanzenkrankheiten und Schädlinge im Ackerbau. DLG-Verlag, Frankfurt (Main).
- HELENIUS, J. 1989: The influence of mixed intercropping of oats with field beans on the abundance and spatial distribution of cereal aphids (Homoptera, Aphididae). *Agric., Ecosystems & Environm.* 25, 53-73.
- HILTBRUNNER, J., M. LIEDGENS, P. STAMP & B. STREIT, 2005: Effects of row spacing and liquid manure on directly drilled winter wheat in organic farming. *Europ. J. Agron.* 22, 441-447.
- HOCHMUTH, C. M., 2006: Einfluss von Saatstärke, Standraumzuteilung und Gemengeanbau mit Körnerleguminosen auf die Backqualität von Winterweizen im ökologischen Landbau. Diplomarbeit im Fachgebiet Ökologischer Landbau, HTW Dresden (FH).
- HOF, C. 2002: Ertragsbildung und Konkurrenz von Linsen (*Lens culinaris* Med.) und Nacktgerste (*Hordeum vulgare* var. *nudum*) in Rein- und Gemengesaat. Bachelorarbeit, Universität Göttingen.
- HOF, C., 2003: Möglichkeiten des Anbaus von Körnerfrucht- und Ackerfuttergemengen insbesondere im ökologischen Landbau – Forschungsstand, Expertenmeinungen und Praxisempfehlungen. Masterarbeit im wissenschaftlichen Studiengang Agrarwissenschaften an der Georg-August-Universität Göttingen, Fakultät für Agrarwissenschaften.
- HOF, C & R. RAUBER, 2003a: Anbau von Gemengen im ökologischen Landbau. Broschüre erstellt Bundesprogramm Ökologischer Landbau, Göttingen & Bonn. ISBN: 3-00-011733-4.
- HOF, C. & R. RAUBER, 2003b: Fertigen einer Broschüre zum Anbau von Gemengen für die Praxis des Pflanzenbaus im ökologischen Landbau. Abschlussbericht 514-43.10/02 OE 221, Bundesprogramm Ökologischer im BMVEL, Göttingen & Bonn.
- HOF, C. & R. RAUBER, 2004: Anbau von Gemengen. *Lebendige Erde* 2/2004, 40-41.
- HOF, C. & R. RAUBER, 2005a: Mischfruchtanbau – Wie kommen eigentlich Vorteile zustande? Beitrag zum Workshop zur Bedeutung des Mischfruchtanbaus mit Ölpflanzen zur Produktion von pflanzlichen Ölen für die energetische Verwertung. Bericht zum Vortrag am 17.01.2005, Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft der FAL, Braunschweig.
- HOF, C. & R. RAUBER, 2005b: Gemengeanbau erhöht die Qualität von Backweizen. In: *Technologie-Informationen niedersächsischer Hochschulen: Agrarwirtschaft*. Heft 3/2005, p 9.
- HOF, C., K. SCHMIDTKE & R. RAUBER, 2005: Wirkung des Gemengeanbaus mit Körnerleguminosen sowie der Standraumzuteilung und der Saatstärke auf Kornertrag und Kornproteingehalt von Winterweizen. Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 67-70.
- HOF, C., C. HOCHMUTH, K. SCHMIDTKE & R. RAUBER, 2006: Wirkung des Gemengeanbaus mit Winterkörnerleguminosen auf Kornertrag und Kornqualität von Winterweizen. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 18, 278-279.
- HOF-KAUTZ, C., C. HOCHMUTH, K. SCHMIDTKE & R. RAUBER, 2007: Wirkung des Gemengeanbaus mit Winterkörnerleguminosen sowie der Standraumzuteilung auf Kornertrag und Backqualität von Winterweizen. Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, 121-124.
- HORST, W. & C. WASCHKIES, 1987: Phosphatversorgung von Sommerweizen (*Triticum aestivum* L.) in Mischkultur mit Weißer Lupine (*Lupinus albus* L.) *Z. Pfl.ernähr. Bodenk.* 150, 1-8.

- ICC-Standards, 2006: International Association for Cereal Science and Technology, in Deutschland: International Association for Cereal Chemistry, <http://www.icc.or.at/inf.php>, besucht am 13.12.2006.
- ICC-Standard No. 110/1: Determination of moisture content of cereals and cereal products (practical method).
- ICC-STANDARD No.106/2, 1984: Working method for the determination of wet gluten in wheat flour.
- ICC-STANDARD No. 116/1, 1994: Determination of the sedimentation value (according to Zeleny) as an approximate measure of baking quality.
- ICC-STANDARD No. 151, 1990: Determination of the sedimentation value – SDS test of durum wheat.
- ICC-Standard No. 107/1, 1995: Determination of the „Falling number“ according to Hagberg-Perten as a measurement of the degree of alpha-amylase activity in grain and flour.
- IGMFA, INTERESSENGEMEINSCHAFT MISCHFRUCHTANBAU (Hrsg.), 2003: Jahresbericht 2003. Langenbach.
- JÄGER, L. & D. TRAUTZ, 2002: Untersuchungen zum Standorteinfluß auf die Kleberqualität deutscher und sibirischer Sommerweizensorten in einem Vergleichsversuch Osnabrück (D) – Barnaul (RUS). XXXVII. Vortragstagung der Ges. für Qualitätsforschung, 61-66.
- JENSEN, E. S., 1986: Intercropping field bean with spring wheat. Vorträge für Pflanzenzüchtung 11, 67-75.
- JENSEN, E. S., 1996: Grain yield, symbiotic N₂ fixation and interspecific competition for inorganic N in pea-barley intercrops. *Plant & Soil* 182, 25-38.
- JENSEN, E. S., A. MØRKEBERG, H. SØRENSEN & S. SØRENSEN, 2001: Effects from intercropping of pea and barley on the content of proteins and bioactive molecules in the seeds. 4th European Conference on Grain Legumes, Cracow, Part I – Plenary sessions – Diversifying and controlling seed composition, 90-91.
- JENSEN, E. S., H. HAUGGAARD-NIELSEN, J. KINANE, M. K. ANDERSEN & B. JØRNSGAARD, 2005: Intercropping – the practical application of diversity, competition and facilitation in arable and organic cropping systems. Beitrag präsentiert bei der Konferenz: First Scientific Conference of the International Society of Organic Agricultural Research (ISO FAR), Adelaide, Australia, 21-23 September 2005; Veröffentlicht in KÖPKE, U.; NIGGLI, U.; NEUHOFF, D.; LOCKERETZ, W. UND WILLER, H., (Hrsg.): *Researching Sustainable Systems 2005. Proceedings of the First Scientific Conference of the International Society of Organic Agricultural Research (ISO FAR)*, ISO FAR, Bonn, Germany, 22-25 und <http://www.orgprints.or/6176/>, besucht am 02.03.2006.
- JOST, B., 2003: Untersuchungen und Kalkulationstabellen zur Schätzung der N₂-Fixierleistung und der N-Flächenbilanz beim Anbau von *Lupinus albus* und *Lupinus luteus* in Reinsaat und von *Vicia faba* und *Pisum sativum* in Reinsaat und im Gemenge mit *Avena sativa*. Dissertation, Universität Göttingen.
- JUNG, R., 2003: Stickstoff-Fixierleistung von Luzerne (*Medicago sativa* L.), Rotklee (*Trifolium pratense* L.) und Persischem Klee (*Trifolium resupinatum* L.) in Reinsaat und Gemenge mit Poaceen. Experimentelle Grundlagen und Kalkulationsverfahren zur Ermittlung der Stickstoff-Flächenbilanz. Dissertation, Universität Göttingen.
- JUNK, G. & H. V. SVEC, 1958: The absolute abundance of the nitrogen isotopes in the atmosphere and compressed gas from various sources. *Geochim. Cosmochim. Acta* 14, 234-243.
- JUSTUS, M., 1996: Optimierung des Anbaus von Ackerbohnen: Reduzierung von Nitratverlusten und Steigerung der Vorfruchtwirkung zu Sommergetreide. Dissertation, Universität Bonn.

- KAINZ, M., G. GERL & K. AUERSWALD, 1997: Verminderung der Boden- und Gewässerbelastung im Kartoffelbau des ökologischen Landbaus. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 85, 1307-1310.
- KARJALAINEN, R. & P. PELTONEN-SAINIO, 1993: Effect of oat cultivar mixtures on disease progress and yield reduction caused by barley yellow dwarf virus. Z. Pfl.krankh. Pfl.schutz 100, 58-68.
- KARPENSTEIN-MACHAN, M. & R. STÜLPNAGEL, 2000: Biomass yield and nitrogen fixation of legumes monocropped and intercropped with rye and rotation effects on a subsequent maize crop. Plant & Soil 218, 215-232.
- KASYANOVA, E., M. J. GOODING, H. HAUGGAARD-NIELSEN, A. DIBET, G. CORRE-HELLOU, Y. CROZAT, C. DAHLMANN, P. VON FRAGSTEIN, M. ROMEO & M. MONTI, 2006: Intercropping with grain legumes increases N and S concentration and N:S ratios of wheat grain in European organic farming systems. <http://orgprints.org/7484/>, besucht am 24.01.2007.
- KATASTERAMT GÖTTINGEN (Hrsg.), 1968: Deutsche Grundkarte 1 : 5000; Niedernjesa.
- KATASTERAMT GÖTTINGEN (Hrsg.), 1994: Deutsche Grundkarte 1 : 5000; Deppoldshausen.
- KIEFFER, R., H.-D. BELITZ, M. ZWEIER, R. IPFELKOFER & G. FISCHBECK, 1993: Der Rapid-Mix-Test als 10-g-Mikrobackversuch. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 197, 134-136.
- KINANE, J. & M. LYNKJÆR, 2005: Intercropping pea with barley reduces Ascochyta blight on pea. DARCOF enews 1, 1-2, <http://www.darcof.dk/enews//mar05/Intercrop.html>, besucht am 31.01.2006.
- KÖHLER, W., G. SCHACHTEL & P. VOLESKE, 2002: Biostatistik. Springer Verlag, Berlin und Heidelberg.
- KÖNIG, U. J., 1995: Optimierung des N-Umsatzes beim Leguminosen-Zwischenfruchtanbau. Beiträge zur 3. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 181-184.
- KÖPKE, U. & M. JUSTUS, 1995: Reduzierung von Nitratverlusten beim Anbau von Ackerbohnen. Forschungsberichte 23, Institut für Organischen Landbau, Bonn, 96 p.
- KÖPKE, U., G. NOGA, H.-W. DEHNE, J. KRÄMER, H. BÜNING-PFAUE & K.-H. KROMER, 2000: Optimierungsstrategien im Organischen Landbau (OSIOL). Abschlußbericht der DFG-Forschergruppe. www.uni-bonn.de/iol, S. 17.
- KÖRSCHENS, M. 1997: Abhängigkeit der organischen Bodensubstanz (OBS) von Standort und Bewirtschaftung sowie ihr Einfluss auf Ertrag und Bodeneigenschaften. Arch. Acker- Pfl. Boden. 41, 435-463.
- KOLBE, H. & K. WELLENBERG, 2002: Anbauvergleich zwischen Winter- und Sommerweizen, Dinkel und Durum im ökologischen Landbau. SÖL Berater-Rundbrief 2, 13-19.
- KOMPETENZZENTRUM ÖKOLANDBAU NIEDERSACHSEN 2006: Förderung des Ökologischen Landbaus in Niedersachsen 2006. NAU Programm Maßnahme C, stand August 2006. <http://www.oeko-komp.de>, besucht am 14.12.2006.
- KTBL, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (Hrsg.), 2006: Betriebsplanung Landwirtschaft 2006/07. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., Darmstadt.
- KTBL, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (Hrsg.), 2005: Faustzahlen für die Landwirtschaft. Darmstadt.
- KÜBLER, E., 1994: Weizenanbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- KÜHLSSEN, N., 2001: Empfehlungen von Winterweizensorten im Organischen Landbau über die Kleberproteinfraktionen und deren Einfluß auf die Backqualität. Dissertation, Universität Bonn.
- KÜHLSSEN, N., F.-M. WIRRIES, R. HAVERKAMP & H. BÜNING-PFAUE, 1999: Backqualität von Weizen aus Organischem Landbau; Untersuchungen für Maßgaben einer dafür optimalen Sorten- und Kulturwahl. Getreide Mehl und Brot 53, 12-15.

- KURDALI, F., N. E. SHARABI & A. ARSLAN, 1996: Rainfed vetch-barley mixed cropping in the Syrian semi-arid conditions. I. Nitrogen nutrition using ^{15}N isotopic dilution. *Plant & Soil* 183, 137-148.
- LAMPETER, W., 1967: Untersuchungen über die N-Abgabe der Leguminosen an die Gramineen beim Mischanbau und die Beeinflussung des Mineralstoffgehaltes der Gramineen durch den Leguminosenpartner. *Albrecht-Thear-Archiv* 11, 605-618.
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER 2003: Düngeempfehlungen.
- LEDGARD, S. F. & M. B. PEOPLES 1988: Measurements of nitrogen fixation in field. In: WILSON, J. R. (ed.): *Advances in Nitrogen Cycling in Agriculture Ecosystems*. CAB International, Wallington, U. K., 351-367.
- LEDGARD, S. F., J. R. SIMPSON, J. R. FRENEY & F. J. BERGERSEN, 1985: Field evaluation of ^{15}N techniques for estimating nitrogen fixation in legume-grass associations. *Austr. J. Agric. Res.* 36, 247-258.
- LEHMANN, J. & E. MEISTER, 1982: Die gegenseitige Beeinflussung von Klee und Gräsern bei unterschiedlicher Stickstoffdüngung in Bezug auf Wachstum, Eiweiß-, Rohfaser- und Mineralstoffgehalt. *Z. Acker- & Pflanzenbau* 151, 24-41.
- LFL, Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt, 2006: Hinweise zur Sortenwahl. Winterweizen im ökologischen Anbau 2005. www.mlu.sachsen-anhalt.de/lg/acker-pflanzenbau/sortenpruefung/sorten/woeko.pdf, besucht am 05.12.2006
- LINK, W., 2004: Entwicklung von Winter-Ackerbohnen für den ökologischen Landbau. Abschlussbericht im Projekt BLE 02OE451/2, <http://www.orgprints.org/3490>, besucht am 06.03.2007.
- LINK, W., 2005: Genetische Adaptation an lokale, ökologische Anbaubedingungen: Vergleich zwischen bester reiner Linie und genetisch breiter Population am Beispiel Sommer- und Winterackerbohne. BLE-Projekt 03OE438, <http://www.orgprints.org/6134>, besucht am 06.03.2007.
- LINNEMANN, L., 2001: Kleberprotein-Zusammensetzung und Umwelteinfluß als Bedingung der Weizenqualität. Dissertation, Universität Gießen. Verlag Köster, Berlin. ISBN 3-89574-428-X.
- LINNEMANN, L., 2005: Vorhersagen der Backeignung bei Weizen (*Triticum aestivum* L.) basierend auf strukturellen Unterschieden in der Glutenin-Komposition. Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 577-580.
- LINNEMANN, L., G. LEITHOLD & R. RAUBER, 2002: Kleberqualität als Bewertungskriterium der Backqualität von Weizen – Neue Erkenntnisse zu einem alten Thema. *Getreide Mehl und Brot* 56, 147-154.
- LÜDDEKE, J., 1969: Valorigraf – ein neues Konsistenzprüfgerät aus Ungarn. *Bäcker und Konditor* 8, 233- 235. Sonderabdruck, VEB Fachbuchverlag Leipzig.
- LÜTKE ENTRUP, N. & G. STEMANN, 1990: Biologische Stickstoffbindung durch Ackerbohnen und Stickstoffsicherung mit Untersaaten. *Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 3, 285-288.
- MAKOWSKI, N., 2002: Mischanbau von Leindotter und Erbsen ist attraktiv. http://pflanzenoel-motor.de/projekte_koop/erbsemisch.pdf, besucht am 28.10.2002.
- MARIOTTI, A., 1983: Atmospheric nitrogen is a reliable standard for natural ^{15}N abundance measurements. *Nature* (London) 303, 685-687.
- MCDONALD, C. E., 1985: Sodium Dodecyl Sulfate Sedimentation Test for Durum Wheat. Report of the American Association of Cereal Chemists (AACC) Committee on Quality Tests for Wheat and Flour 30, 674-677.
- MEIER, U., 2001: Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen. BBCH Monographie. <http://www.bba.de/veroeff/bbch/bbchdeu.pdf>, besucht am 02.12.2006

- MELANDER, B., A. CIRUJEDA & M. H. JØRGENSEN, 2003: Effects of inter-row hoeing and fertilizer placement on weed growth and yield of winter wheat. *Weed Research* 43, 428-438.
- MORGENSTERN, G., 1993: Einsatz von Laborknetern für Standard-Backversuche. *Getreide, Mehl und Brot* 47, 34-39.
- MÜNZING, K., D. MEYER, D. RENTEL & J. STEINBERGER, 2004: Vergleichende Untersuchung über Weizen aus ökologischem und konventionellen Anbau. *Getreidetechnologie* 58, 6-12.
- MUNDT, C. C., L. S. BROPHY & M. S. SCHMITT, 1995: Disease severity and yield of pure-line wheat cultivars and mixtures in the presence of eyespot, yellow rust and their combination. *Plant Pathology* 44, 173-182.
- MUNZERT, M., 1992: Einführung in das pflanzenbauliche Versuchswesen. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- NEUERBURG, W., 1992: Unkrautregulierung. In: NEUERBURG, W. & S. PADEL (Hrsg.): *Organisch-biologischer Landbau in der Praxis*. BLV Verlagsgesellschaft mbH, München, 108-116.
- NEUMANN, A., 2001: Ertragsbildung und symbiontische Stickstoff-Fixierleistung von Linsen (*Lens culinaris* Med.) in Reinsaat und Gemenge mit Nachtgerste (*Hordeum vulgare* var. *nudum*). Diplomarbeit, Universität Göttingen.
- NEUMANN, H., 2005: Optimierungsstrategien für den Getreideanbau im ökologischen Landbau. System „Weite Reihe“ und Direktsaat in ausdauernden Weißklee („Bi-cropping“). Dissertation, Universität Kiel.
- NEUMANN, H., R. LOGES & F. TAUBE, 2002: Bicropping – eine Alternative zum „Weite Reihe“ – System im ökologischen Winterweizenanbau? *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzanbauwissenschaften* 14, 175-176.
- NEUMANN, H., R. LOGES & F. TAUBE, 2003: Bicropping im ökologischen Winterweizenanbau – eine Alternative zum Anbausystem der „Weiten Reihe“? *Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau*, 81-84.
- NIEBERG, H., R. STROHM-LÖMPCKE & J. RIEDEL, 2003: Wirtschaftlichkeit des Anbaukonzepts „Weite Reihe“ im Getreidebau. *Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau*, 85-88.
- OBST, A., 1996: Krankheiten des Getreides. *Fusarium*. Zeneca Agro, Frankfurt am Main, 44-47.
- ÖKORING NIEDERSACHSEN e.V., 2002: Erbsenwickler und Lause in Gemüseerbsen. *Rundschreiben* 5, 4-5.
- ÖKOSIEGEL E.V. 2006: <http://www.oekosiegel-ev.de>, besucht am 02.12.2006
- OSBORNE, T. B., 1907: *The Proteins of the Wheat Kernel*. Carnegie Institute of Washington, Washington, DC. (Cited by Lasztity, 1984).
- PAFFRATH, A., 2005: Einfluss von Ackerbohnen, Körnererbsen, Buschbohnen und Rotklee-gras auf die Folgefrucht Kartoffeln. *Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau*, 39-42,
- PATTERSON, F. L., J. F. SCHAFER, R. M. CALDWELL & L. E. COMPTON, 1963: Comparative standing ability and yield of variety blends of oat. *Crop Sci.* 3, 558-560.
- PAULSEN, H. M., M. SCHOCHOW, B. ULBER, S. KÜHNE & G. RAHMANN, 2006: Mixed cropping systems for biological control of weeds and pests in organic oilseed crops. *COR 2006, Aspects of Applied Biology* 79, 215-220.
- PAWELZIK, E., 2003: Vorlesung, persönliche Mitteilungen.
- PAWELZIK, E., H. H. PERMADY, J. WEINERT & G. A. WOLF, 1998: Untersuchungen zum Einfluß einer Fusarien-Kontamination auf ausgewählte Qualitätsmerkmale von Weizen. *Getreide, Mehl und Brot* 52, 264-266.
- PERTEN INSTRUMENTS, 1996: Bedienungsanleitung Fallzahlgerät 1200

- POMMER, G., 2003a: Auswirkungen von Saatstärke, weiter Reihe und Sortenwahl auf Ertrag und Backqualität von Winterweizen. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 69-72.
- POMMER, G., 2003b: Auswirkungen von Saatstärke, weiter Reihe und Sortenwahl auf Ertrag und Backqualität von Winterweizen. Beitrag präsentiert bei der Konferenz: Forschung für den ökologischen Landbau in Bayern, Ökolandbautag der LfL, Triesdorf, 10.02.2003. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 3/03, 21-26.
- POTTS, M. J., 1982: The influence of selected agronomic factors on the yield of forage peas. *Grass & Forage Sci.* 37, 327-331.
- PRINTS, U. & J. DE WIT, 2006 Intercropping cereals and grain legumes: a farmers perspective. Joint Organic Congress (Odense, Dänemark). <http://orgprints.org/7297>, besucht am 02.06.2006.
- RAABE, K., 2006: Einfluss von Saatstärke, Standraumzuteilung und Gemengeanbau mit Körnerleguminosen auf die Saatgutqualität von Winterweizen im ökologischen Landbau. Diplomarbeit im Fachgebiet Ökologischer Landbau, HTW Dresden (FH).
- RAMGRABER, L., F. STRASS & G. ZIMMERMANN, 1990a: Untersuchungen zur Qualität von Sortenmischungen bei Winterweizen. *Landwirtschaftliches Jahrbuch* 67, 543-548.
- RAMGRABER, L., F. STRASS & G. ZIMMERMANN, 1990b: Auswirkungen von Sortenmischungen auf den Krankheitsbefall und die Ertragsentwicklung von Winterweizen. *Landwirtschaftliches Jahrbuch* 67, 331-343.
- RAUBER, R., K. SCHMIDTKE & H. KIMPEL-FREUND, 2000: Konkurrenz und Ertragsvorteile in Gemengen aus Erbse (*Pisum sativum* L.) und Hafer (*Avena sativa* L.). *J. Agron. & Crop Sci.* 185, 33-47.
- REDELBERGER, H., 2000: Betriebsplanung im ökologischen Landbau. Bioland Verlags GmbH, Mainz.
- REENTS, H. J. & K. MÖLLER, 2001: Stickstoffmanagement im ökologischen Landbau unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes von Zwischenfrüchten. Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 179-192.
- REITER, K., K. SCHMIDTKE & R. RAUBER, 2002: The influence of long-term tillage systems on symbiotic N₂ fixation of pea (*Pisum sativum* L.) and red clover (*Trifolium pratense* L.). *Plant and Soil* 238, 41-55.
- RICHTER, S. & J. DEBRUCK, 2001: Einfluss der Reihenweite auf Ertrag und Qualität von Winterweizen. Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 233-236.
- RISCH, S. J., D. ANDOW & M. A. ALTIERI, 1983: Agroecosystem diversity and pest control: Data, tentative conclusions and new research directions. *Environmental Entomology* 12, 625-629.
- RÖMER, W. & P. LEHNE, 2004: Vernachlässigte Phosphor- und Kaliumdüngung im ökologischen Landbau senkt die biologische Stickstofffixierung bei Rotklee und den Kornertrag bei nachfolgendem Hafer. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 167, 106-113.
- RYCHENER, M. & J.-D. TIÈCHE, 1996: Vergleich der Qualität von Weizen aus konventionellem und extensivem Anbau: Ergebnisse der Streifenanbau-, Großmahl- und Backversuche 1992-1994. *Getreide Mehl und Brot* 50, 201-208.
- SAS INSTITUTE INC., 2001: Statistical analysis system for Windows, Release 8.01. Cary, NC, USA.
- SAUCKE, H., U. BREDE, F. RAMA, A. KRATT, N. LORENZ & O. ZIMMERMANN, 2003: Perspektiven ökologischer Regulierungsverfahren für den Erbsenwickler (*Cydia nigricana*, Lep. Tortricidae) in Saat- und Gemüseerbsen mit Sexual-Pheromonen und Granuloseviren. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 129-132.
- SCHIMMEL, A., 2003: Auswirkungen unterschiedlicher Sorten und Saatstärken auf Ertrag und Rohproteingehalt von Winterweizen bei weitem Reihenabstand. Diplomarbeit, Universität Gießen.

- SCHMIDT, H. 2004: Viehloser Öko-Ackerbau. Beiträge, Beispiele und Kommentare. Verlag Dr. Köster, Berlin. ISBN 3-89574-512-X.
- SCHMIDT, H. & G. LEITHOLD, 2004: Fruchtfolgesysteme im Ökolandbau mit und ohne Tierhaltung. Erträge und N-Haushalt. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 16, 121-122.
- SCHMIDTKE, K., 1996: Methodik zur Ermittlung der N-Flächenbilanz beim Anbau von Leguminosen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 9, 43-44.
- SCHMIDTKE, K., 1997a: Einfluss von Rotklee (*Trifolium pratense* L.) in Reinsaat und Gemenge mit Poaceen auf symbiontische N₂-Fixierung, bodenbürtige N-Aufnahme und CaCl₂-extrahierbare N-Fractionen im Boden. Dissertation, Universität Gießen.
- SCHMIDTKE, K., 1997b: Selbstregulation der N-Zufuhr im Ökologischen Landbau – ein Wirkungsmechanismus zum Schutz des Grundwassers? Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 21-27.
- SCHMIDTKE, K. 1997c: Stickstoff-Fixierleistung und N-Flächenbilanz beim Anbau von Erbsen (*Pisum sativum* L.) unterschiedlichen Wuchstyps in Reinsaat und Gemengesaat mit Hafer (*Avena sativa* L.). Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 10, 63-64.
- SCHMIDTKE, K., 2001: Umweltgerechter Anbau von Leguminosen – Entwicklung und Anwendung eines Verfahrens zur Quantifizierung der N-Flächenbilanz (Az. 07312). Abschlußbericht des Forschungsvorhabens, gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück (Dezember 2001), 1-234.
- SCHMIDTKE, K., 2002: Hafer-Erbsen-Gemenge im Studentenpraktikum. unveröffentlichte Daten.
- SCHMIDTKE, K., 2004: Körnerfruchtgemenge mit Leguminosen – neue Strategie im Ackerbau des ökologischen Landbaus. Gää-Journal 3, 11-13.
- SCHMIDTKE, K., 2005a: N-Rhizodeposition bei Leguminosen: Messgenauigkeit, Modellierung und Bedeutung für den Pflanzenbau. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 17, 387-388.
- SCHMIDTKE, K., 2005b: How to calculate nitrogen rhizodeposition: A case study in estimation N rhizodeposition in the pea (*Pisum sativum* L.) and grasspea (*Lathyrus sativus* L.) using a continuous ¹⁵N labelling split-root technique. Soil Biology and Biochemistry, 1893-1897.
- SCHMIDTKE, K. & R. RAUBER, 2000: Stickstoffeffizienz von Leguminosen im Ackerbau. In: Möllers, C. (Hrsg.): Stickstoffeffizienz landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Verlag E. Schmidt, Berlin, 48-69, ISBN 3-503-05924-5.
- SCHMIDTKE, K., A. NEUMANN, C. HOF & R. RAUBER, 2004: Soil and atmospheric nitrogen uptake by lentil (*Lens culinaris* Medik.) and barley (*Hordeum vulgare* ssp. *nudum* L.) as monocrops and intercrops. Field Crops Research 87, 245-256.
- SCHMITT, L. & T. DREWES, 1997: N-Effizienz verschiedener, unterschiedlicher terminierter Wirtschaftsdünger im Backweizenanbau. Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 295-301.
- SCHOOLS, J. & J. G. LANGELAAN, 1994: Lodging and yield of dry peas (*Pisum sativum* L.) as influenced by various mixing ratios of a conventional and semi-leafless cultivar. J. Agron. & Crop Sci. 172, 207-214.
- SCHÜLLER, H., 1969: Die CAL-Methode, eine neue Methode zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphates im Böden. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 123, 48-63.
- SCHULZ, F. & G. LEITHOLD, 2004: Effekte unterschiedlicher Reihenweiten und Aussaatstärken auf den Rohproteingehalt von Winterweizen im ökologischen Landbau. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 16, 27-28.
- SEIBEL, W., 1988: Herstellung von Vollkornmehl-Brotten. Ernährungs-Umschau 35, 82-87.
- SEIBEL, W. & H. STEPHAN, 1985: Standardisierung von Vollkornmehl-Backversuchen. Getreide Mehl und Brot 39, 263-267.

- SEIBEL, W., K. PFEILSTRICKER & B. SCHRADER, 1985: Analytische, teigrheologische und backtechnische Studien zur Optimierung des Weizen-Backversuches, Rapid-Mix-Test. 1. Mitteilung: Entwicklung des optimierten Rapid-Mix-Testes (RMT). Getreide, Mehl und Brot 39, 174-178.
- SHAPIRO, S. S. & M. B. WILK, 1965: An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika 52, 591-611.
- SHEARER, G. & D. H. KOHL, 1986: N₂ fixation in field settings: estimation based on natural ¹⁵N abundance. Aust. J. Plant Physiol. 13, 699-756.
- SNAYDON, R. W., 1996: Above-ground and below-ground interactions in intercropping. In: ITO, O., C. JOHANSEN, J. J. ADU-GYAMFI, K. KATAYAMA, J. V. D. K. KUMAR RAO & T. J. REGO (eds.): Dynamics of roots and nitrogen in cropping systems of the semi-arid tropics. Japan International Research Centre for Agricultural Science, 73-92, ISBN: 4-906635-01-6.
- SÖLLINGER, J. 2003: Ergebnisse zum System Weite Reihe bei Winterweizen in Österreich. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 73-76.
- SPANAKAKIS, A., 2000: Züchtung von Winterweizen mit verbesserter N-Effizienz. In: Möllers, C. (Hrsg.): Stickstoffeffizienz landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Verlag E. Schmidt, Berlin, 97-142, ISBN 3-503-05924-5.
- SPSS Inc. SigmaPlot for Windows, Version 8.0.2
- SPURWAY, R. A., 1988: How is grain protein formed?
<http://www.regional.org.au/au/roc/1988/roc198823.htm>, besucht am 13.12.2006.
- STEIN-BACHINGER, K., 1993: Optimierung der zeitlich und mengenmäßig differenzierten Anwendung von Wirtschaftsdüngern im Rahmen der Fruchtfolge organischer Anbausysteme. Dissertation, Universität Bonn.
- STELLING, D. 1997: Dry peas (*Pisum sativum* L.) grown in mixtures with faba beans (*Vicia faba* L.) – A rewarding cultivation alternative. J. Agron. & Crop Sci. 179, 65-74.
- STÖPPLER, H., H. VOGTMANN, W. SEIBEL, H. BOLLING & P. GERSTENKORN, 1989: Moderne Winterweizensorten in einem System mit geringer Betriebsmittelzufuhr von außen in der Bundesrepublik Deutschland. II. Verarbeitungsqualität der Sorten im Hinblick auf die Herstellung von Brot und Kleingebäck aus Typen- und Vollkornmehl. Getreide Mehl und Brot 43, 272-278.
- STOLZ, H., C. BRUNS & M. R. FINCKH, 2003: Einfluss genetischer Vielfalt auf den Befall mit *Phytophthora infestans* und auf die Ertragsbildung in Kartoffelbeständen. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 569-570.
- STÜLPNAGEL, R., 1982: Schätzung der von Ackerbohnen symbiontisch fixierten Stickstoffmenge im Feldversuch mit der erweiterten Differenzmethode. Z. Acker- u. Pflanzenbau 151, 446-458.
- STUTE, J. 1994: Alternativen im Getreidebau – Weizenanbau mit 40er Reihenabstand. SÖL-Berater-Rundbrief 3, 43-44.
- THORSTED, M. D., J. WEINER & J. E. OLESEN, 2006: Above- and below-ground competition between intercropped winter wheat *Triticum aestivum* and white clover *Trifolium repens*. J. Appl. Ecol. 43, 237-245.
- TRENBATH, B. R., 1974: Biomass productivity of mixtures. Advances in Agronomy 26, 177-210.
- TRINKWASSERVERORDNUNG, 2001: Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001), vom 24. März 2001.
- UHLEN, A. K., R. HAFSKJOLD, A.-H. KALHOVD, S. SAHLSTRÖM, Å. LONGVA & E. M. MAGNUS, 1998: Effects of cultivar and temperature during grain filling on wheat protein content, composition, and dough mixing properties. Cereal Chem. 75, 460-465.
- URBATZKA, P., 2002: Screening verschiedener Herkünfte von Wintererbsen. Diplomarbeit, Universität Kassel, Witzenhausen.

- URBATZKA, P., R. GRAß & C. SCHÜLER, 2005a: Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen für den Ökologischen Landbau am Beispiel von Wintererbsen. Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 59-60.
- URBATZKA, P., R. GRAß & C. SCHÜLER, 2005b: Prüfung alter Wintererbsengenotypen in Rein- und Gemengesaat. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 17, 26-27.
- VÄISÄNEN, J. & M. PIHALA, 1999: The effect of pre-crop and fertilization on baking quality of organic spring wheat. NJF congress 21 (Ås, Norway), 126-129, <http://orgprints.org/8474/>, besucht am 13.02.2006.
- VALLIS, I., 1978: Nitrogen relationships in grass/legume mixtures. In: WILSON, J. R. (ed.): Plant relations in pastures, CSIRO, Wageningen, 1-71.
- VANDERMEER, J., 1989: The ecology of intercropping. Cambridge University Press, Great Britain.
- VDLUFA Versorgungsstufen Gehaltsklassen, Darmstadt.
- VIDAL, S., 1997: Factors influencing the population dynamics of *Brevicoryne brassicae* in undersown brussels sprouts. Biological Agric. Hortic. 15, 285-295.
- VO-EWG 2092/91, Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 des Rates vom 24. Juli 1991 über den ökologischen Landbau / die biologische Landwirtschaft und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel, zuletzt geändert durch die Verordnung (EG) Nr. 1437/2000 der Kommission vom 30. Juni 2000, inkl. der so genannten Tierhaltungsverordnung: Verordnung (EG) Nr. 1804/1999 des Rates vom 19. Juli 1999.
- VOGT-KAUTE, W., 2004: Entwicklung von Winter-Ackerbohnen für den ökologischen Landbau. Abschlussbericht im Projekt BLE 02OE451/1, <http://orgprints.org/5021>, besucht am 12.03.2005.
- VOGT-KAUTE, W., 2005a: Wintererbse E.F.B. 33. Erstmals (wieder) als Z-Saatgut erhältlich. Naturland Nachrichten 02, 27.
- VOGT-KAUTE, W., 2005b: Naturland Winterweizensortenmischung "AchTaBu". Naturland Nachrichten 02, 21.
- WALL, G. J., E. A. PRINGLE & R. W. SHEARD, 1991: Intercropping red clover with silage corn for soil erosion control. Canadian J. Soil Sci. 71, 137-145.
- WEITBRECHT, B. & H. PAHL, 2000: Lohnt sich der Anbau von Körnerleguminosen? Ökologie & Landbau 116, 39-41.
- WICHMANN, S., R. LOGES & F. TAUBE, 2003: Vergleich von Körnererbsen in Reinsaat und im Gemenge mit Sommergerste in Hinblick auf Ertrag und Ertragsentwicklung sowie N-Fixierungsleistung, Ernterückstandsmengen und Vorfruchtwirkung. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau, 185-188.
- WICHMANN, S., R. LOGES & F. TAUBE, 2005: Einfluss von sommerannualen Leguminosenvorfrüchten und unterschiedlich terminierten Gülle-N-Gaben auf Ertrag und Kornrohproteingehalt von Winterweizen. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 17, 225-226.
- WILLEY, R. W., 1979: Intercropping – Its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. Field crops abstracts 32, 1-10.
- WINTER, R., 1992: Futterbau und Gründüngung. In: NEUERBURG, W. & S. PADEL (Hrsg.): Organisch-biologischer Landbau in der Praxis. BLV Verlagsgesellschaft mbH, München, 117-133.
- WOLFE, M. S. 1985: The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease resistance. Annual Rev. Phytopath. 23, 251-273.
- WUNDERLICH, B., K. SCHMIDTKE & R. RAUBER, 1992: Differenzierte Klee grasuntersaat in Winterroggen – Wirkung auf Ackerbegleitflora und Stickstoffhaushalt. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 5, 51-54.

- XIAO, Y., L. LI & F. ZHANG, 2004: Effect of root contact on interspecific competition and N transfer between wheat and fababean using direct and indirect ^{15}N techniques. *Plant & Soil* 262, 45-54.
- YONEYAMA, T. P., T. C. NAMBIAR, K. K. LEE, B. SRINIVASA RAO & J. H. WILLIAMS, 1990: Nitrogen accumulation in three legumes and two cereals with emphasis on estimation of N_2 fixation in the legumes by the natural ^{15}N -abundance technique. *Biol. Fertil. Soils* 9, 25-30.
- ZHAO, F. J., S. E. SALMON, P. J. A. WITHERS, J. M. MONAGHAN, E. J. EVANS, P. R. SHEWRY & S. P. MCGRATH, 1999: Variation in the bread making quality and rheological properties of wheat in relation to sulphur nutrition under field conditions. *J. Cereal Sci.* 30, 19-31.
- ZEHLE, F., 2001: Verbesserung der teigrheologischen Eigenschaften von Weizenteig durch zielgerichtete Mehlbenetzung. *Getreide, Mehl und Brot* 55, 19-25.
- ZENSE, T., 2002: Herstellung ökologischer Backwaren. *Getreide Mehl und Brot* 56, 31-36.
- ZMP, Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH, 2005: Ökomarkt Jahrbuch 2005. Verkaufspreise im ökologischen Landbau Jahre 2003 und 2004. Materialien zur Marktberichterstattung, Band 55, Bonn.
- ZMP, Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH, 2006: Ökomarkt Jahrbuch 2006. Verkaufspreise im ökologischen Landbau Jahre 2004 und 2005. Materialien zur Marktberichterstattung, Band 60, Bonn.
- ZWINGELBERG, H., W. SEIBEL & H. STEPHAN, 1985: Vollkornmehle aus Weizen und Roggen – Zusammenhänge zwischen Vermahlung, Körngrößenverteilung und Backergebnis. *Getreide, Mehl und Brot* 39, 3-12.

8 Anhang

Tab. A I: Vergleich der Mittelwerte des Kornertrags des Weizens in Rein- und Gemenge-
saat an den Standorten Stöckendrebber, Reinshof und Deppoldshausen in den
Jahren 2004 und 2005

- a) zwischen der Saatstärke des Weizens in Reinsaat (t-Test)
 b) zwischen der Anbauform und der Körnerleguminosenart (Tukey-Test)
 c) zwischen der Reihenweite (Tukey-Test)

Standort Jahr	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
Prüfglieder						
a) ↓						
W15	a	a	a ¹⁾	a	a	a
W ₂₀ 15	a	a	a	b	a	a
W30	a	a	a	a	a	a
W ₂₀ 30	a	a	a	a	a	a
W75	b	a	a	a	a	a
W ₂₀ 75	a	a	a	a	b	a
b) ↓						
W ₂₀ 15	a	a	a	a	a [#]	a
WA15	b	b	b	b	a	a
WE15	b	b	b	a	a	a
W ₂₀ 30	a	a	a	a	a [#]	a ³⁾
WA30/30	b	b	c	b	a	b
WE30/30	b	b	b	a	a	a
W ₂₀ 75	a	a	a	a	a	a
WA75/15	b	a	b	b	a	b
WE75/15	b	a	b	a	a	b
c) ↓						
W15	a	a	a	a	a	a
W30	a	a	a	a	a	a
W75	a	a	a	a	a	a
W ₂₀ 15	a	ab	a	a	a [#]	a ³⁾
W ₂₀ 30	a	a	a	a	a	a
W ₂₀ 75	a	b	a	a	a	a
WA15	a	a	a	a	a ^{#, 2)}	a
WA30/30	a	a	ab	a	a	a
WA75/15	a	a	b	a	a	a
WE15	a	a	a	b	a	a
WE30/30	a	a	a	ab	a	a
WE75/15	a	a	b	a	a	b

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Stand-
 ortes und Jahres, $\alpha = 0,05$; ¹⁾ n.T. arcsin(1/x²); ²⁾ n.T. logx; ³⁾ n.T. 1/x; [#]Scheffé-Test

Tab. A II: Vergleich der Mittelwerte des Kornertrags der Leguminosen in Rein- und Gemengesaat an den Standorten Stöckendrebber, Reinshof und Deppoldshausen in den Jahren 2004 und 2005

- a) zwischen der Anbauform (t-Test)
 b) zwischen der Körnerleguminosenart (t-Test)
 c) zwischen der Reihenweite (Tukey-Test)

Standort Jahr	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
Prüfglieder						
a) ↓						
WA15	a	b	b	a	a	a
A15	a	a	a	a	a	a
WA30/30	a	b	b	a	a	b
A30	a	a	a	a	a	a
WA75/15	a	b	b	b	a	a
A15	a	a	a	a	a	a
WE15	a	a	b	a ¹⁾	n.n.	b
E15	a	a	a	a	n.n.	a
WE30/30	a	a	b	a	a	a ¹⁾
E30	a	a	a	a	a	a
WE75/15	a	a	a	a ²⁾	a	a
E15	a	a	a	a	a	a
b) ↓						
WA15	a	a	a	a	n.n.	a
WE15	b	a	b	b	n.n.	b
WA30/30	a	a	a	a	a	a ¹⁾
WE30/30	a	a	b	b	b	a
WA75/15	a	a	a	a	a	a
WE75/15	b	a	b	b	b	b
A15	a	a	a	a	a	a
E15	a	a	b	b	a	b
A30	a	a	a	a	a	a
E30	a	a	b	b	b	b
c) ↓						
WA15	a	a	a	a	a	a
WA30/30	a	a	a	a	a	a
WA75/15	a	a	a	a	a	a
WE15	ab	a	b ¹⁾	a	a	b ²⁾
WE30/30	a	a	a	a	a	a
WE75/15	b	a	a	a	a	a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$; ¹⁾ n.T. 1/x; ²⁾ n.T. logx

Tab. A III: Vergleich der Mittelwerte des Kornertrags der Summe der Arten im Gemenge und der optimalen Reinsaatstärke der jeweiligen Art an den Standorten Stöckendrebber, Reinshof und Deppoldshausen in den Jahren 2004 und 2005
 a) zwischen der Anbauform und der Körnerleguminosenart (Tukey-Test)
 b) zwischen der Reihenweite (Tukey-Test)

Standort Jahr	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
Prüfglieder						
a) ↓						
W15	b ¹⁾	b	b ²⁾	b	n.n.	bc
WA15	a	ab	a	a	n.n.	a
WE15	a	ab	b	b	n.n.	bc
A15	a	a	a	a	n.n.	ab
E15	ab	ab	c	c	n.n.	c
W30	b	a	b	b	b	b
WA30/30	a	a	a	a	a	a
WE30/30	a	a	b	b	b	b
A30	a	a	a	a	a	a
E30	a	a	c	c	b	b
W75	b	b	b ¹⁾	b	b ³⁾	b
WA75/15	a	a	a	b	a	a
WE75/15	ab	a	c	b	a	b
A15	a	a	a	a	a	a
E15	ab	ab	d	c	a	b
b) ↓						
WA15	a	a	a	a	n.n.	a
WA30/30	a	a	b	a	n.n.	a
WA75/15	a	a	b	a	n.n.	a
WE15	ab	b	a	a	a	a
WE30/30	a	ab	a	a	a	a
WE75/15	b	a	b	a	a	a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$; ¹⁾ n.T. \sqrt{x} ; ²⁾ n.T. $\log x$; ³⁾ n.T. $1/x$

Tab. A IV: Vergleich der Mittelwerte des Kornertrags in Rein- und Gemengesaat über die Standorte Stöckendrebber, Reinshof und Deppoldshausen sowie die beiden Jahre 2004 und 2005

a) des Weizens (Tukey-Test)

b) der Leguminosen (Tukey-Test)

c) der Summe der Arten im Gemenge (Tukey-Test)

Standort Jahr	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
Prüfglieder						
a) →						
W15	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
W30	c	ab	a	ab	c	bc
W75	c	b	a	a	c	c
W ₂₀ 15	d ^{#, 1)}	bc	a	ab	e	cd
W ₂₀ 30	d ^{#, 1)}	bc	a	ab	e	cd
W ₂₀ 75	c ¹⁾	b	a	a	e	bc
WA15	bc	b	a	bc	c	bc
WA30/30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
WA75/15	bc ¹⁾	a	b	b	c	ab
WE15	c	b	a	a	c	b
WE30/30	c	b	a	a	c	b
WE15	c	b	b	a	c	bc
b) →						
WA15	d ²⁾	cd	ab	abc	a	bcd
WA30/30	b	b	a	ab	a	b
WA75/15	d	d	a	bc	ab	cd
WE15	b ¹⁾	ab	c	c	a	c
WE30/30	bc	ab	cd	d	a	d
WE75/15	b	a	b	c	a	bc
A15	b	bc	a	ab	ab	bc
A30	d	c	a	c	b	c
E15	bc	ab	c	c	a	c
E30	ab ¹⁾	a	ab	c	a	b
c) →						
WA15	c	bc	a	b	b	bc
WA30/30	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
WA75/15	c	b	a	b	b	b
WE15	b	a	a	a	a	b
WE30/30	b	a	a	ab	ab	b
WE75/15	c	a	b	a	b	c

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Standorten und Jahren innerhalb der Variante, $\alpha = 0,05$; ¹⁾ n.T. \sqrt{x} ; ²⁾ n.T. $1/x$, #Scheffé-Test

Tab. A V: Kornertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Stöckendrebber im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	10,0	11,9	6,0	5,6	8,4 a
30 cm	9,9	11,7	4,6	5,4	7,9 a
75 cm	10,0	13,2	5,0	5,4	8,4 a
Mittel ¹⁾	9,9 b	12,3 a	5,2 c	5,5 c	

¹⁾ Anbauform GD_{Tukey} ($\alpha = 0,001$) = 2,01; F-Wert: 67,45, P-Wert: < 0,0001

²⁾ Reihenweite GD_{Tukey} ($\alpha = 0,05$) = 1,27; F-Wert: 0,58, P-Wert: 0,5632

Anbau x Reihenweite F-Wert: 0,56, P-Wert: 0,7620

Tab. A VI: Kornertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Stöckendrebber im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	27,7	25,4	13,4	13,3	19,9
30 cm	30,3	25,9	18,1	15,2	22,4
75 cm	22,1	19,8	15,6	15,2	18,2
Mittel ¹⁾	26,7	23,7	15,7	14,6	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A VII: Kornertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Reinshof im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	37,0	43,2	22,8	33,3	34,1 a
30 cm	37,9	44,9	12,7	27,8	30,8 a
75 cm	37,4	41,5	6,0	13,0	24,5 b
Mittel ¹⁾	37,4 b	43,2 a	13,9 d	24,7 c	

¹⁾ Anbauform GD_{Tukey} ($\alpha = 0,05$) = 5,17; F-Wert: 94,33, P-Wert: < 0,0001

²⁾ Reihenweite GD_{Tukey} ($\alpha = 0,01$) = 5,18; F-Wert: 17,39, P-Wert: < 0,0001

Anbau x Reihenweite F-Wert: 5,46, P-Wert: 0,0005 (Wechselwirkungen)

Tab. A VIII: Kornertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Reinshof im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	29,5	35,8	8,9	28,6	25,7
30 cm	28,9	33,0	9,0	28,7	24,9
75 cm	32,8	32,2	7,3	34,7	26,7
Mittel ¹⁾	30,4	33,7	8,4	30,7	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A IX: Kornertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Deppoldshausen im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	18,0	1,2	1,5	3,3	6,0
30 cm	16,8	3,4	2,0	2,1	6,1
75 cm	15,2	2,6	1,3	1,9	5,3
Mittel ¹⁾	16,7	2,4	1,6	2,5	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A X: Kornertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Deppoldshausen im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	20,0	15,7	8,8	15,8	15,1 a
30 cm	20,5	20,1	7,5	13,9	15,5 a
75 cm	15,2	16,2	7,7	8,8	12,0 b
Mittel ¹⁾	18,6 a	17,3 a	8,0 c	12,8 b	

¹⁾ Anbauform $GD_{Tukey} (\alpha = 0,01) = 4,11$; F-Wert: 30,95, P-Wert: < 0,0001

²⁾ Reihenweite $GD_{Tukey} (\alpha = 0,05) = 2,60$; F-Wert: 6,64, P-Wert: 0,0038

Anbau x Reihenweite F-Wert: 1,99, P-Wert: 0,0951

Tab. A XI: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Stöckendrebber zur ersten Ernte im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	2,3	0,5	0,6	0,6	1,0
30 cm	1,9	0,6	0,4	0,4	0,8
75 cm	1,5	0,5	0,4	0,4	0,7
Mittel ¹⁾	1,9	0,5	0,5	0,5	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A XII: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Reinshof zur ersten Ernte im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	2,9	0,7	0,7	0,8	1,3
30 cm	3,2	1,0	0,3	0,3	1,2
75 cm	2,2	0,7	0,2	0,2	0,8
Mittel ¹⁾	2,8	0,8	0,4	0,4	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A XIII: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Deppoldshausen zur ersten Ernte im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	0,9	0,0	0,1	0,1	0,3
30 cm	1,1	0,1	0,0	0,1	0,3
75 cm	1,4	0,0	0,1	0,1	0,4
Mittel ¹⁾	1,1	0,0	0,1	0,1	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A XIV: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Stöckendrebber zur ersten Ernte im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	4,5	1,5	1,2	1,1	2,1
30 cm	4,1	1,1	1,3	1,4	2,0
75 cm	2,5	1,2	1,0	1,0	1,4
Mittel ¹⁾	3,7	1,3	1,2	1,2	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A XV: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Reinshof zur ersten Ernte im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	5,7	1,5	1,8	1,9	2,7
30 cm	6,0	1,8	1,6	2,0	2,9
75 cm	3,8	1,5	1,7	2,2	2,3
Mittel ¹⁾	5,2	1,6	1,7	2,0	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A XVI: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Deppoldshausen zur ersten Ernte im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	6,7	1,2	1,8	2,5	3,1
30 cm	5,8	1,9	1,5	2,4	2,9
75 cm	4,0	1,2	1,7	1,8	2,2
Mittel ¹⁾	5,5	1,4	1,7	2,2	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A XVII: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] der Leguminosen zur ersten Ernte an den Standorten in den Jahren 2004 und 2005 (Tukey-Test),
a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	0,8 ab	0,7 ab	0,6 a	1,5 a	0,5 a	1,5 a
WA30/30	0,8 ab	0,5 b	0,6 a	1,5 a	0,6 a	1,5 a
WA75/15	0,7 b	0,6 ab	0,7 a	1,9 a	0,4 a	1,4 a
A15	1,0 a	0,8 ab	0,7 a	2,0 a	0,8 a	1,5 a
A30	1,0 ab	1,0 a	0,6 a	2,2 a	0,6 a	2,2 a
b) ↓						
WE15	0,8 b	1,1 a	0,8 a	1,6 a	1,2 a	2,0 a
WE30/30	0,7 b	1,0 a	0,8 a	1,6 a	1,2 a	2,0 a
WE75/15	0,7 b	1,0 a	0,8 a	1,6 a	1,1 a	2,0 a
E15	1,1 a	1,2 a	1,0 a	1,9 a	1,4 a	2,1 a
E30	1,0 a	1,2 a	0,9 a	1,7 a	1,4 a	1,7 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$

Tab. A XVIII: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens und der Leguminosen (Summe Gemenge) zur ersten Ernte an den Standorten in den Jahren 2004 und 2005 (Tukey-Test), a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	1,4 a	1,9 a	1,3 a	3,3 a	0,6 a	3,3 a
WA30/30	1,2 a	1,9 a	0,9 b	3,2 a	0,6 a	2,9 a
WA75/15	1,1 a	1,5 a	0,9 b	3,6 a	0,5 a	3,1 a
b) ↓						
WE15	1,3 a	2,1 a	1,6 a	3,5 a	1,3 a	4,5 n.n.
WE30/30	1,1 a	2,4 a	1,1 b	3,6 a	1,2 a	4,4 n.n.
WE75/15	1,1 a	2,0 a	1,0 b	3,8 a	1,2 a	3,8 n.n.

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt

Tab. A XIX: RYT der Sprosserträge der Gemengevarianten zur ersten Ernte an den Standorten in den Jahren 2004 und 2005 (Tukey-Test),
a) Gemenge mit Ackerbohne, b) Gemenge mit Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	1,1 a	1,2 a	1,3 a	1,1 ab	0,8 ab	1,5 a
WA30/30	1,0 a	0,9 a	1,2 a	1,0 b	1,0 a	0,9 a
WA75/15	1,0 a	1,2 a	1,2 a	1,4 a	0,6 b	1,9 a
b) ↓						
WE15	1,0 a	1,1 n.n.	1,2 n.n.	1,2 a	1,0 a	1,3 a
WE30/30	0,9 a	1,3 n.n.	1,0 n.n.	1,3 a	0,9 a	1,7 a
WE75/15	0,9 a	1,2 n.n.	0,9 n.n.	1,5 a	0,9 a	1,5 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$; n.n. = nicht normalverteilt

Tab. A XX: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] der Unkräuter zur ersten Ernte an den Standorten in den Jahren 2004 und 2005 (Tukey-Test)

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
W15	n.e.	0,2 c	n.e.	1,2 abc	0,5 n.n.	0,7 n.n.
W30	n.e.	0,4 abc	n.e.	0,9 bc	0,4 n.n.	0,8 n.n.
W75	n.e.	0,4 bc	n.e.	0,6 c	0,4 n.n.	0,3 n.n.
W ₂₀ 15	n.e.	0,4 bc	n.e.	1,5 ab	0,5 n.n.	1,0 n.n.
W ₂₀ 30	n.e.	0,5 abc	n.e.	1,3 abc	0,3 n.n.	0,8 n.n.
W ₂₀ 75	n.e.	0,4 bc	n.e.	0,9 bc	0,3 n.n.	0,2 n.n.
WA15	n.e.	0,3 bc	n.e.	1,2 abc	0,2 n.n.	1,0 n.n.
WA30/30	n.e.	0,3 bc	n.e.	1,5 ab	0,2 n.n.	0,8 n.n.
WA75/15	n.e.	0,4 bc	n.e.	1,0 abc	0,1 n.n.	0,8 n.n.
WE15	n.e.	0,3 c	n.e.	1,2 abc	0,2 n.n.	1,1 n.n.
WE30/30	n.e.	0,2 c	n.e.	1,4 abc	0,2 n.n.	0,9 n.n.
WE75/15	n.e.	0,3 bc	n.e.	0,9 bc	0,4 n.n.	0,6 n.n.
A15	n.e.	0,4 abc	n.e.	1,7 ab	0,2 n.n.	1,5 n.n.
A30	n.e.	0,8 a	n.e.	1,6 ab	0,2 n.n.	1,0 n.n.
E15	n.e.	0,4 bc	n.e.	1,8 a	0,4 n.n.	1,6 n.n.
E30	n.e.	0,6 ab	n.e.	1,6 ab	0,3 n.n.	1,3 n.n.

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt; n.e. = nicht ermittelbar, keine Unkräuter nach Hackmaßnahme

Tab. A XXI: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Stöckendrebber zur zweiten Ernte im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	37.3	35.3	24.0	17.5	28.5 a
30 cm	39.9	32.0	23.9	15.6	27.9 a
75 cm	38.8	30.4	22.3	21.0	28.1 a
Mittel ¹⁾	38.7	32.6	23.4	18.0	
	a	b	c	d	

¹⁾ Anbauform $GD_{Tukey} (\alpha = 0,01) = 4,56$; F-Wert: 92,84, P-Wert: < 0,0001

²⁾ Reihenweite $GD_{Tukey} (\alpha = 0,05) = 2,88$; F-Wert: 0,15, P-Wert: 0,8587

Anbau x Reihenweite F-Wert: 1,95, P-Wert: 0,1021

Tab. A XXII: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Reinshof zur zweiten Ernte im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	80,4	75,0	56,8	52,2	66,1
30 cm	84,4	72,3	30,6	30,7	54,5
75 cm	80,2	60,8	13,4	20,1	43,6
Mittel ¹⁾	81,7	69,4	33,6	34,3	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A XXIII: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Deppoldshausen zur zweiten Ernte im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	40,7	1,5	3,9	3,0	12,3
30 cm	43,3	6,2	1,6	4,3	13,9
75 cm	35,8	4,8	4,6	4,7	12,5
Mittel ¹⁾	39,9	4,2	3,4	4,0	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A XXIV: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Stöckendrebber zur zweiten Ernte im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	57,4	56,5	39,2	34,5	46,9
30 cm	64,0	49,9	36,8	35,5	46,5
75 cm	51,7	41,4	29,8	32,2	38,8
Mittel ¹⁾	57,7	49,3	35,3	34,0	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A XXV: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Reinshof zur zweiten Ernte im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	67,9	62,8	33,3	50,6	53,7
30 cm	69,8	57,0	37,4	51,4	53,9
75 cm	62,4	54,6	29,0	63,3	52,3
Mittel ¹⁾	66,7	58,1	33,2	55,1	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A XXVI: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Deppoldshausen zur zweiten Ernte im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	47,1	28,9	17,8	32,6	31,6 a
30 cm	46,5	35,4	15,5	27,5	31,2 a
75 cm	36,3	26,6	12,6	24,8	25,1 b
Mittel ¹⁾	43,3	30,3	15,3	28,3	
	a	b	c	b	

¹⁾ Anbauform $GD_{Tukey} (\alpha = 0,001) = 9,03$; F-Wert: 57,06, P-Wert: < 0,0001

²⁾ Reihenweite $GD_{Tukey} (\alpha = 0,01) = 5,80$; F-Wert: 7,79, P-Wert: 0,0017

Anbau x Reihenweite F-Wert: 1,28, P-Wert: 0,2930

Tab. A XXVII: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] der Leguminosen zur zweiten Ernte an den Standorten in den Jahren 2004 und 2005 (Tukey-Test), a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	20,2 a	30,2 b	23,0 c	46,4 n.n.	31,4 b	26,4 n.n.
WA30/30	22,5 a	27,3 b	32,3 bc	42,9 n.n.	39,0 ab	31,4 n.n.
WA75/15	23,4 a	27,6 b	37,4 ab	42,0 n.n.	36,8 ab	40,4 n.n.
A15	26,7 a	47,7 a	40,3 ab	68,0 n.n.	42,0 ab	39,0 n.n.
A30	22,9 a	48,0 a	47,5 a	61,3 n.n.	52,4 a	49,7 n.n.
b) ↓						
WE15	43,9 n.n.	53,4 bc	22,0 c	17,9 b	65,6 bc	18,7 a
WE30/30	45,0 n.n.	49,8 c	32,3 bc	17,5 b	65,1 bc	22,6 a
WE75/15	40,1 n.n.	49,5 c	37,0 b	22,1 b	61,6 c	25,6 a
E15	62,0 n.n.	81,4 a	52,1 a	38,8 a	76,0 a	33,1 a
E30	55,3 n.n.	75,2 ab	40,6 ab	39,7 a	72,4 ab	28,9 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt

Tab. A XXVIII: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens und der Leguminosen (Summe Gemenge) zur zweiten Ernte an den Standorten in den Jahren 2004 und 2005 (Tukey-Test), a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	44,2 a	69,4 a	79,8 a	79,6 a	35,3 a	44,2 n.n.
WA30/30	46,5 a	64,1 a	63,0 b	80,2 a	40,2 a	46,9 n.n.
WA75/15	45,7 a	57,4 a	50,8 b	71,0 b	41,4 a	53,0 n.n.
b) ↓						
WE15	61,4 a	87,9 a	74,2 a	68,6 b	67,8 a	51,3 a
WE30/30	60,7 a	85,3 a	63,0 ab	68,9 b	69,4 a	50,2 a
WE75/15	61,1 a	81,6 a	57,1 b	85,4 a	65,1 a	50,3 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt

Tab. A XXIX: RYT der Sprosserträge der Gemengevarianten zur zweiten Ernte an den Standorten in den Jahren 2004 und 2005 (Tukey-Test), a) Gemenge mit Ackerbohne, b) Gemenge mit Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	1,4 n.n.	1,3 a	1,3 a	1,2 n.n.	0,8 a [#]	1,0 n.n.
WA30/30	1,6 n.n.	1,1 a	1,1 b	1,3 n.n.	0,9 a	1,0 n.n.
WA75/15	1,5 n.n.	1,2 a	1,1 ab	1,1 n.n.	1,0 a	1,4 n.n.
b) ↓						
WE15	1,2 a	1,3 a	1,1 n.n.	1,2 n.n.	1,0 a [#]	1,3 a
WE30/30	1,2 a	1,2 a	1,2 n.n.	1,2 n.n.	1,0 a	1,5 a
WE75/15	1,2 a	1,2 a	1,0 n.n.	1,6 n.n.	0,9 a	1,5 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$; n.n. = nicht normalverteilt; [#]Scheffé-Test

Tab. A XXX: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] der Unkräuter zur zweiten Ernte an den Standorten in den Jahren 2004 und 2005 (Tukey-Test)

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
W15	1,4 n.n.	6,2 n.n.	1,7 n.n.	2,3 c	5,6 bc	3,3 n.n.
W30	1,4 n.n.	5,4 n.n.	0,9 n.n.	1,9 c	5,3 bc	2,6 n.n.
W75	1,1 n.n.	6,5 n.n.	1,7 n.n.	2,0 c	6,0 bc	2,8 n.n.
W ₂₀ 15	1,8 n.n.	11,4 n.n.	2,1 n.n.	4,0 bc	11,1 ab	6,7 n.n.
W ₂₀ 30	2,7 n.n.	12,7 n.n.	1,2 n.n.	3,0 bc	7,0 bc	1,9 n.n.
W ₂₀ 75	3,8 n.n.	10,2 n.n.	1,8 n.n.	3,6 bc	15,1 a	2,9 n.n.
WA15	1,2 n.n.	7,4 n.n.	1,0 n.n.	3,1 bc	5,8 bc	2,4 n.n.
WA30/30	1,0 n.n.	8,0 n.n.	1,3 n.n.	1,9 c	4,5 bc	3,9 n.n.
WA75/15	1,1 n.n.	9,4 n.n.	1,1 n.n.	2,3 c	3,0 c	1,3 n.n.
WE15	1,1 n.n.	13,8 n.n.	1,8 n.n.	3,1 bc	4,8 bc	4,9 n.n.
WE30/30	0,8 n.n.	9,5 n.n.	1,0 n.n.	3,9 bc	5,5 bc	3,0 n.n.
WE75/15	1,2 n.n.	7,6 n.n.	1,7 n.n.	4,8 abc	5,2 bc	5,0 n.n.
A15	1,1 n.n.	10,4 n.n.	4,5 n.n.	4,6 abc	1,1 c	4,3 n.n.
A30	1,3 n.n.	10,4 n.n.	2,5 n.n.	2,8 c	1,4 c	3,5 n.n.
E15	1,0 n.n.	12,5 n.n.	1,5 n.n.	6,3 ab	3,9 c	5,5 n.n.
E30	0,5 n.n.	10,6 n.n.	1,1 n.n.	7,4 a	2,1 c	6,4 n.n.

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt

Tab. A XXXI: Strohertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Stöckendrebber zur Kornreife im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	24,8	21,4	16,1	14,2	19,1 a
30 cm	27,7	22,5	12,3	13,6	19,0 a
75 cm	27,6	23,0	13,3	15,0	19,7 a
Mittel ¹⁾	26,7	22,3	13,9	14,3	
	a	b	c	c	

¹⁾ Anbauform GD_{Tukey} ($\alpha = 0,01$) = 3,81; F-Wert: 61,80, P-Wert: < 0,0001

²⁾ Reihenweite GD_{Tukey} ($\alpha = 0,05$) = 2,40; F-Wert: 0,30, P-Wert: 0,7436

Anbau x Reihenweite F-Wert: 1,27, P-Wert: 0,2987

Tab. A XXXII: Strohertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Reinshof zur Kornreife im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	63,0	62,1	42,1	47,4	53,6
30 cm	73,2	64,2	24,4	35,6	49,3
75 cm	63,6	57,8	14,0	16,6	38,0
Mittel ¹⁾	66,6	61,4	26,8	33,2	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A XXXIII: Strohertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Deppoldshausen zur Kornreife im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	24,9	2,3	2,4	4,3	8,5
30 cm	24,6	5,5	2,9	2,7	8,9
75 cm	22,5	4,3	2,4	2,9	8,0
Mittel ¹⁾	24,0	4,0	2,6	3,3	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A XXXIV: Strohertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Stöckendrebber zur Kornreife im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	38,4	36,2	27,4	22,5	31,2 a
30 cm	40,4	35,9	31,8	22,9	32,8 a
75 cm	28,8	29,4	24,3	22,1	26,2 b
Mittel ¹⁾	35,9 a	33,9 a	27,8 b	22,5 c	

¹⁾ Anbauform $GD_{\text{Scheffé}} (\alpha = 0,05) = 4,43$; F-Wert: 31,66, P-Wert: < 0,0001

²⁾ Reihenweite $GD_{\text{Scheffé}} (\alpha = 0,01) = 4,25$; F-Wert: 15,47, P-Wert: < 0,0001

Anbau x Reihenweite F-Wert: 2,17, P-Wert: 0,0743

Tab. A XXXV: Strohertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Reinshof zur Kornreife im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	48,1	63,5	25,6	40,2	44,4
30 cm	51,6	47,5	28,9	39,9	42,0
75 cm	50,4	45,1	24,0	47,6	41,8
Mittel ¹⁾	50,0	52,0	26,2	42,6	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A XXXVI: Strohertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Deppoldshausen zur Kornreife im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	29,2	20,8	13,4	19,8	20,8 a
30 cm	29,1	24,5	11,1	17,3	20,5 a
75 cm	21,9	20,2	11,6	12,1	16,5 b
Mittel ¹⁾	26,7 a	21,9 b	12,0 d	16,4 c	

¹⁾ Anbauform $GD_{\text{TUkey}} (\alpha = 0,05) = 4,03$; F-Wert: 36,26, P-Wert: < 0,0001

²⁾ Reihenweite $GD_{\text{TUkey}} (\alpha = 0,5) = 3,17$; F-Wert: 6,49, P-Wert: 0,0042

Anbau x Reihenweite F-Wert: 1,97, P-Wert: 0,0985

Tab. A XXXVII: Strohertrag [dt TM ha⁻¹] der Leguminosen zur Kornreife an den Standorten in den Jahren 2004 und 2005 (Tukey-Test), a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	25,9 n.n.	28,9 b	36,4 b	48,9 b	38,4 a	25,9 b
WA30/30	27,4 n.n.	23,6 b	45,4 b	49,0 b	43,7 a	24,9 b
WA75/15	26,7 n.n.	23,7 b	49,7 b	47,3 b	37,5 a	26,3 b
A15	32,2 n.n.	41,8 a	68,6 a	73,5 a	54,5 a	32,8 ab
A30	29,4 n.n.	41,8 a	69,9 a	67,4 a	53,9 a	39,8 a
b) ↓						
WE15	14,5 b	17,1 c	10,0 c	8,2 b	23,2 ab	7,3 b
WE30/30	17,2 ab	20,7 bc	14,4 bc	7,6 b	23,4 ab	9,6 ab
WE75/15	12,9 b	20,4 bc	17,9 b	9,0 b	18,9 b	8,8 b
E15	21,8 a	28,5 a	29,1 a	22,4 a	27,5 a	13,7 a
E30	22,1 a	25,1 ab	32,6 a	21,1 a	25,4 ab	10,6 ab

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt

Tab. A XXXVIII: Strohertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens und der Leguminosen (Summe Gemenge) zur Kornreife an den Standorten in den Jahren 2004 und 2005 (Tukey-Test), a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	42,1 a	56,4 a	78,5 a	74,5 a	40,8 a	39,2 a
WA30/30	39,7 a	55,4 a	69,8 a	78,0 a	45,1 a	36,1 a
WA75/15	40,0 a	48,0 a	63,7 a	71,3 a	39,9 a	37,9 a
b) ↓						
WE15	28,6 a	34,0 n.n.	57,4 a	48,4 n.n.	27,5 a	27,1 a
WE30/30	30,8 a	43,6 n.n.	50,0 ab	47,6 n.n.	26,1 a	26,9 a
WE75/15	27,9 a	42,5 n.n.	34,5 b	56,6 n.n.	21,8 a	20,9 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt

Tab. A XXXIX: RYT der Stroherträge der Gemengevarianten zur Kornreife an den Standorten in den Jahren 2004 und 2005 (Tukey-Test), a) Gemenge mit Ackerbohne, b) Gemenge mit Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	1,5 a	1,4 a [#]	1,2 a	1,2 a	0,8 b [#]	1,3 ab
WA30/30	1,4 a	1,3 a	1,0 a	1,3 a	1,1 a	1,0 b
WA75/15	1,3 a	1,4 a	1,0 a	1,1 a	0,8 b	1,4 a
b) ↓						
WE15	1,3 a	1,2 b [#]	1,1 a	1,2 a	1,1 a	1,2 a
WE30/30	1,3 a	1,4 a	0,9 a	1,1 a	1,0 a	1,6 a
WE75/15	1,2 a	1,5 a	0,9 a	1,4 a	0,8 a	1,2 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$; [#]Scheffé-Test

Tab. A XL: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Stöckendrebber zur Kornreife im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	34,7	33,1	22,0	19,5	27,3
30 cm	37,5	34,1	16,8	18,9	26,8
75 cm	37,2	36,1	18,2	20,2	27,9
Mittel ¹⁾	34,7	33,1	22,0	19,5	27,3

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A XLI: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Reinshof zur Kornreife im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	99,7	104,4	64,5	79,4	87,0
30 cm	110,4	107,4	36,8	63,0	79,4
75 cm	99,9	98,6	19,9	29,2	61,9
Mittel ¹⁾	103,3	103,4	40,4	57,2	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A XLII: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Deppoldshausen zur Kornreife im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	43,0	3,5	3,9	7,6	14,5
30 cm	41,5	8,9	4,9	4,8	15,0
75 cm	37,8	6,9	3,7	4,9	13,3
Mittel ¹⁾	40,7	6,4	4,1	5,8	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A XLIII: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Stöckendrebber zur Kornreife im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	66,1	63,2	40,9	30,2	50,1 ab
30 cm	69,9	61,8	49,9	38,1	54,9 a
75 cm	50,9	49,2	39,9	37,3	44,3 b
Mittel ¹⁾	62,3 a	58,1 a	43,5 b	35,2 b	

¹⁾ Anbauform $GD_{\text{Scheffé}} (\alpha = 0,001) = 14,00$; F-Wert: 34,12, P -Wert: < 0,0001

²⁾ Reihenweite $GD_{\text{Scheffé}} (\alpha = 0,01) = 8,66$; F-Wert: 8,21, P -Wert: 0,0014

Anbau x Reihenweite F-Wert: 2,39, P -Wert: 0,0516

Tab. A XLIV: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Reinshof zur Kornreife im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	77,6	99,3	34,5	68,9	70,1
30 cm	80,6	80,5	38,0	68,6	66,9
75 cm	83,2	77,2	31,3	82,3	68,5
Mittel ¹⁾	80,5	85,7	34,6	73,3	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A XLV: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Deppoldshausen zur Kornreife im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾	
15 cm	49,2	35,3	22,2	35,7	35,6	a
30 cm	49,6	44,6	18,6	31,1	36,0	a
75 cm	37,1	36,4	19,3	20,9	28,4	b
Mittel ¹⁾	45,3	38,8	20,0	29,2		
	a	a	c	b		

¹⁾ Anbauform GD_{Tukey} ($\alpha = 0,01$) = 8,97; F-Wert: 34,49, P-Wert: < 0,0001

²⁾ Reihenweite GD_{Tukey} ($\alpha = 0,05$) = 5,66; F-Wert: 6,79, P-Wert: 0,0034

Anbau x Reihenweite F-Wert: 2,04, P-Wert: 0,0886

Tab. A XLVI: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] der Leguminosen zur Kornreife an den Standorten in den Jahren 2004 und 2005 (Tukey-Test), a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	48,5 n.n.	55,2 b	78,6 b	86,7 bc	83,1 a	53,8 b
WA30/30	50,2 n.n.	44,6 b	93,4 b	86,0 bc	96,4 a	51,2 b
WA75/15	49,2 n.n.	48,5 b	102,0 b	82,3 c	80,9 a	55,4 ab
A15	60,1 n.n.	83,0 a	138,1 a	126,5 a	106,5 a	64,9 ab
A30	55,9 n.n.	80,3 a	135,0 a	109,7 ab	109,0 a	81,2 a
b) ↓						
WE15	30,0 ab	41,2 b	16,4 c	14,0 bc	52,6 a	11,4 c
WE30/30	37,0 ab	47,6 ab	25,0 bc	12,4 bc	53,2 a	17,3 bc
WE75/15	26,1 b	49,8 ab	34,0 b	12,4 c	45,3 a	17,9 bc
E15	39,6 ab	62,5 a	46,3 a	28,0 a	62,8 a	27,9 a
E30	42,1 a	60,5 ab	53,8 a	23,9 ab	51,2 a	22,9 ab

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt

Tab. A XLVII: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] des Weizens und der Leguminosen (Summe Gemeinde) zur Kornreife an den Standorten in den Jahren 2004 und 2005 (Tukey-Test), a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	70,5 a	96,1 a	143,1 a	121,3 a	86,9 n.n.	76,0 a
WA30/30	66,9 a	94,4 a	130,2 ab	124,0 a	98,9 n.n.	69,8 a
WA75/15	67,4 a	88,4 a	121,8 b	113,6 a	84,6 n.n.	74,8 a
b) ↓						
WE15	49,4 n.n.	71,4 b	95,8 a	82,9 a	60,2 a	47,1 a
WE30/30	55,9 n.n.	85,7 ab	87,9 a	81,1 a	58,0 a	48,5 a
WE75/15	46,4 n.n.	87,1 a	63,3 b	94,6 a	50,2 a	38,8 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt

Tab. A XLVIII: RYT der Sprosserträge der Gemeindevarianten zur Kornreife an den Standorten in den Jahren 2004 und 2005 (Tukey-Test), a) Gemeinde mit Ackerbohne, b) Gemeinde mit Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	1,5 a	1,3 a [#]	1,2 a	1,1 a	0,9 b [#]	1,3 a
WA30/30	1,4 a	1,2 a	1,0 a	1,3 a	1,2 a	1,0 a
WA75/15	1,3 a	1,4 a	0,9 a	1,0 a	0,9 b	1,5 a
b) ↓						
WE15	1,4 a	1,2 b [#]	1,1 a	1,4 a	1,1 a	1,1 a
WE30/30	1,4 a	1,4 a	1,1 a	1,4 a	1,2 a	1,4 a
WE75/15	1,3 a	1,6 a	1,0 a	1,5 a	0,9 a	1,2 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$; [#]Scheffé-Test

Tab. A XLIX: Sprossertrag [dt TM ha⁻¹] der Unkräuter zur Kornreife an den Standorten in den Jahren 2004 und 2005 (Tukey-Test)

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
W15	5,8 n.n.	10,3 n.n.	5,8 n.n.	0,8 n.n.	14,2 n.n.	3,4 c
W30	6,9 n.n.	5,9 n.n.	3,7 n.n.	1,2 n.n.	15,2 n.n.	3,2 c
W75	9,9 n.n.	17,8 n.n.	7,0 n.n.	2,1 n.n.	17,5 n.n.	7,8 abc
W ₂₀ 15	8,4 n.n.	15,6 n.n.	4,1 n.n.	1,1 n.n.	33,1 n.n.	5,1 bc
W ₂₀ 30	9,6 n.n.	22,1 n.n.	3,3 n.n.	2,2 n.n.	25,6 n.n.	4,4 bc
W ₂₀ 75	8,3 n.n.	17,2 n.n.	5,6 n.n.	1,9 n.n.	28,7 n.n.	7,9 abc
WA15	1,8 n.n.	8,0 n.n.	0,7 n.n.	0,5 n.n.	5,2 n.n.	3,8 c
WA30/30	1,5 n.n.	5,8 n.n.	2,1 n.n.	0,8 n.n.	2,7 n.n.	3,5 c
WA75/15	1,9 n.n.	9,7 n.n.	2,6 n.n.	0,5 n.n.	4,4 n.n.	3,6 c
WE15	3,9 n.n.	15,6 n.n.	2,8 n.n.	1,4 n.n.	8,5 n.n.	3,3 c
WE30/30	4,0 n.n.	10,6 n.n.	3,3 n.n.	1,3 n.n.	10,9 n.n.	6,1 bc
WE75/15	2,8 n.n.	5,7 n.n.	9,0 n.n.	5,1 n.n.	10,3 n.n.	8,6 abc
A15	2,8 n.n.	8,4 n.n.	4,2 n.n.	1,0 n.n.	4,0 n.n.	6,8 abc
A30	3,1 n.n.	11,7 n.n.	1,9 n.n.	1,8 n.n.	2,4 n.n.	4,3 bc
E15	5,0 n.n.	19,1 n.n.	14,5 n.n.	5,4 n.n.	8,5 n.n.	10,0 ab
E30	4,8 n.n.	15,2 n.n.	8,0 n.n.	5,9 n.n.	4,4 n.n.	12,2 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt

Tab. A L: Spross-N-Ertrag [kg N ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Stöckendrebber zur ersten Ernte im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	9,3	2,5	2,9	2,7	4,3
30 cm	8,0	3,0	2,0	2,0	3,7
75 cm	6,1	2,6	2,1	2,1	3,2
Mittel ¹⁾	7,8	2,7	2,3	2,3	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A LI: Spross-N-Ertrag [kg N ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Reinshof zur ersten Ernte im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	11,4	3,8	3,4	3,8	5,6
30 cm	13,7	5,0	1,4	1,6	5,4
75 cm	9,5	3,4	1,0	0,8	3,7
Mittel ¹⁾	11,5	4,1	1,9	2,0	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A LII: Spross-N-Ertrag [kg N ha^{-1}] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Deppoldshausen zur ersten Ernte im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	3,8	0,1	0,4	0,3	1,1
30 cm	4,1	0,3	0,0	0,3	1,2
75 cm	4,8	0,2	0,4	0,8	1,5
Mittel ¹⁾	4,2	0,2	0,3	0,5	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A LIII: Spross-N-Ertrag [kg N ha^{-1}] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Stöckendrebber zur ersten Ernte im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	15,4	7,4	6,2	5,2	8,5
30 cm	14,4	5,2	6,8	6,7	8,3
75 cm	9,0	5,6	4,6	4,7	6,0
Mittel ¹⁾	12,9	6,1	5,9	5,5	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A LIV: Spross-N-Ertrag [kg N ha^{-1}] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Reinshof zur ersten Ernte im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	19,3	6,6	7,5	7,7	10,3
30 cm	20,4	7,9	6,9	8,1	10,8
75 cm	13,6	6,2	7,0	8,8	8,9
Mittel ¹⁾	17,8	6,9	7,1	8,2	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A LV: Spross-N-Ertrag [kg N ha^{-1}] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Deppoldshausen zur ersten Ernte im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	17,0	4,0	6,2	8,3	8,9
30 cm	15,3	6,5	4,7	7,9	8,6
75 cm	11,2	4,0	5,2	6,0	6,6
Mittel ¹⁾	14,5	4,8	5,4	7,4	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A LVI: Bodenbürtige N-Menge im Spross der Leguminose [kg N ha⁻¹] zur ersten Ernte an den Standorten in den Jahren 2004 und 2005 (Tukey-Test),
a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	2,7 ab	1,0 a	2,4 a	1,6 a	1,6 n.n.	2,1 a [#]
WA30/30	1,9 b	0,8 a	2,4 a	1,6 a	2,0 n.n.	2,6 a
WA75/15	2,1 ab	0,8 a	3,1 a	2,5 a	1,1 n.n.	1,9 a
A15	2,5 ab	0,9 a	2,0 a	2,5 a	1,7 n.n.	4,2 a
A30	2,9 a	1,1 a	1,8 a	2,9 a	1,7 n.n.	4,7 a
b) ↓						
WE15	2,7 a	2,4 a [#]	2,3 a	2,2 b	3,7 n.n.	2,1 a [#]
WE30/30	2,0 a	2,3 a	2,8 a	2,0 b	3,0 n.n.	2,4 a
WE75/15	2,1 a	2,0 a	2,8 a	2,3 ab	3,0 n.n.	3,4 a
E15	2,5 a	1,8 a	2,7 a	2,9 a	3,4 n.n.	2,8 a
E30	3,0 a	1,8 a	2,7 a	2,5 ab	3,5 n.n.	1,5 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt; [#]Scheffé-Test

Tab. A LVII: Symbiotisch fixierte N-Menge im Spross der Leguminosen [kg N ha⁻¹] zur ersten Ernte an den Standorten im Jahr 2004 und 2005 (Tukey-Test),
a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	0,1 a	1,4 bc	0,7 ab	3,7 a	0,2 c	4,6 a [#]
WA30/30	1,0 a	1,0 c	0,3 ab	4,0 a	0,5 bc	4,2 a
WA75/15	0,4 a	1,2 bc	0,2 b	4,4 a	0,4 bc	4,2 a
A15	1,3 a	2,0 ab	1,1 a	4,8 a	1,2 a	2,8 a
A30	0,7 a	2,4 a	1,0 ab	5,3 a	0,8 ab	5,9 a
b) ↓						
WE15	1,1 b	3,4 a [#]	2,2 ab	5,1 a	2,1 a [#]	6,4 a [#]
WE30/30	1,7 ab	3,4 a	1,6 b	5,5 a	1,9 a	6,3 a
WE75/15	1,6 ab	3,2 a	1,8 ab	5,3 a	2,1 a	5,4 a
E15	3,1 a	4,8 a	2,7 a	5,9 a	2,6 a	7,8 a
E30	2,1 ab	4,4 a	2,6 ab	5,2 a	2,3 a	5,3 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, [#]Scheffé-Test

Tab. A LVIII: Summe der bodenbürtigen N-Menge im Spross des Weizens und der Leguminosen im Gemenge [kg N ha⁻¹] zur ersten Ernte an den Standorten im Jahr 2004 und 2005 (Tukey-Test), a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	5,6 a	7,2 a	5,8 a	9,1 a	2,0 a	8,4 a
WA30/30	3,9 b	7,6 a	3,8 a	8,5 a	2,0 a	7,3 a
WA75/15	4,2 b	5,4 b	4,1 a	9,6 a	1,4 a	6,7 a
b) ↓						
WE15	5,4 a	7,6 ab [#]	6,1 a	9,8 a	4,0 a	9,8 n.n.
WE30/30	3,9 a	9,7 a	4,4 b	10,1 a	3,4 a	9,7 n.n.
WE75/15	4,1 a	6,7 b	3,6 b	11,1 a	3,6 a	8,6 n.n.

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt, [#]Scheffé-Test

Tab. A LIX: RYT der bodenbürtigen N-Erträge im Spross der Gemengevarianten zur ersten Ernte an den Standorten im Jahr 2004 und 2005 (Tukey-Test), a) Gemenge mit Ackerbohne, b) Gemenge mit Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	1,4 n.n.	1,6 a	1,6 n.n.	1,1 a	1,1 a	1,2 n.n.
WA30/30	0,9 n.n.	1,3 a	1,5 n.n.	0,9 b	1,1 a	0,8 n.n.
WA75/15	1,3 n.n.	1,5 a	1,9 n.n.	1,5 a	0,7 a	1,7 n.n.
b) ↓						
WE15	1,5 a	1,8 n.n.	1,3 a	1,2 a	1,3 n.n.	0,9 a [#]
WE30/30	0,9 a	2,1 n.n.	1,2 a	1,2 a	1,0 n.n.	1,5 a
WE75/15	1,2 a	1,8 n.n.	1,2 a	1,5 a	1,0 n.n.	1,0 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$; n.n. = nicht normalverteilt, [#]Scheffé-Test

Tab. A LX: Spross-N-Ertrag [kg N ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Stöckendrebber zur zweiten Ernte im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	30,4	30,8	22,6	18,3	25,5
30 cm	33,8	30,4	19,6	16,4	25,0
75 cm	37,7	28,8	23,2	21,4	27,8
Mittel ¹⁾	33,9	30,0	21,8	18,7	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A LXI: Spross-N-Ertrag [kg N ha^{-1}] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Reinshof zur zweiten Ernte im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	67,3	81,4	69,3	60,4	69,6 a
30 cm	75,0	82,2	49,2	46,9	63,3 ab
75 cm	91,7	79,9	25,3	35,1	58,0 b
Mittel ¹⁾	78,0 a	81,2 a	47,9 b	47,5 b	

¹⁾ Anbauform GD_{Tukey} ($\alpha = 0,001$) = 19,33; F-Wert: 32,37, P-Wert: < 0,0001

²⁾ Reihenweite GD_{Tukey} ($\alpha = 0,05$) = 9,75; F-Wert: 4,3, P-Wert: 0,0219

Anbau x Reihenweite F-Wert: 7,06, P-Wert: < 0,0001 (Wechselwirkungen)

Tab. A LXII: Spross-N-Ertrag [kg N ha^{-1}] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Deppoldshausen zur zweiten Ernte im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	45,5	2,0	5,2	3,9	14,2
30 cm	42,2	8,2	2,3	5,7	14,6
75 cm	37,2	6,6	6,0	5,1	13,7
Mittel ¹⁾	41,7	5,6	4,5	4,9	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A LXIII: Spross-N-Ertrag [kg N ha^{-1}] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Stöckendrebber zur zweiten Ernte im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	45,1	47,6	43,3	38,8	43,7 a
30 cm	51,8	45,5	37,4	34,6	42,3 a
75 cm	47,2	37,7	31,6	31,3	37,0 b
Mittel ¹⁾	48,0 a	43,6 ab	37,5 bc	34,9 c	

¹⁾ Anbauform GD_{Tukey} ($\alpha = 0,01$) = 7,72; F-Wert: 13,39, P-Wert: < 0,0001

²⁾ Reihenweite GD_{Tukey} ($\alpha = 0,05$) = 4,88; F-Wert: 6,43, P-Wert: 0,0044

Anbau x Reihenweite F-Wert: 1,55, P-Wert: 0,1940

Tab. A LXIV: Spross-N-Ertrag [kg N ha^{-1}] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Reinshof zur zweiten Ernte im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	46,0	57,5	41,4	61,3	51,5
30 cm	51,1	49,9	41,7	43,2	46,4
75 cm	62,1	58,7	39,3	56,9	54,3
Mittel ¹⁾	53,1	55,3	40,8	53,8	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A LXV: Spross-N-Ertrag [kg N ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Deppoldshausen zur zweiten Ernte im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾	
15 cm	37,0	29,3	18,8	30,2	28,8	a
30 cm	41,0	40,1	17,5	25,4	31,0	a
75 cm	38,9	33,2	15,3	22,1	27,4	a
Mittel ¹⁾	39,0	34,2	17,2	25,9		
	a	a	c	b		

¹⁾ Anbauform GD_{Tukey} ($\alpha = 0,01$) = 8,28; F-Wert: 30,44, P-Wert: < 0,0001

²⁾ Reihenweite GD_{Tukey} ($\alpha = 0,05$) = 5,22; F-Wert: 1,46, P-Wert: 0,2461

Anbau x Reihenweite F-Wert: 1,48, P-Wert: 0,2143

Tab. A LXVI: Bodenbürtige N-Menge im Spross der Leguminosen [kg N ha⁻¹] zur zweiten Ernte an den Standorten im Jahr 2004 und 2005 (Tukey-Test),
a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	22,6 a	12,9 b	6,7 n.n.	5,2 c	28,6 a	13,0 a
WA30/30	16,9 a	21,5 ab	18,9 n.n.	10,2 bc	46,7 a	13,9 a
WA75/15	19,3 a	15,0 b	27,2 n.n.	5,6 c	27,4 a	24,4 a
A15	22,1 a	40,8 ab	51,6 n.n.	29,4 a	44,4 a	62,2 a
A30	21,3 a	48,6 a	54,7 n.n.	22,0 ab	47,9 a	63,9 a
b) ↓						
WE15	18,3 n.n.	17,7 a	7,6 c [#]	0,6 n.n.	41,6 n.n.	2,6 a
WE30/30	34,4 n.n.	10,7 a	12,9 bc	0,9 n.n.	11,3 n.n.	2,4 a
WE75/15	13,8 n.n.	22,1 a	26,9 abc	2,8 n.n.	34,7 n.n.	6,6 a
E15	16,8 n.n.	42,9 a	51,2 a	23,8 n.n.	28,2 n.n.	24,5 a
E30	29,2 n.n.	27,7 a	41,1 ab	23,0 n.n.	22,8 n.n.	20,6 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt; [#]Scheffé-Test

Tab. A LXVII: Symbiotisch fixierte N-Menge im Spross der Leguminosen [kg N ha⁻¹] zur zweiten Ernte an den Standorten im Jahr 2004 und 2005 (Tukey-Test),
a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	49,5 a	77,7 a	57,4 b	123,0 a	76,2 a	58,6 a
WA30/30	48,5 a	66,5 a	76,4 ab	99,8 a	81,4 a	70,5 a
WA75/15	51,9 a	71,3 a	86,0 ab	115,8 a	86,9 a	89,0 a
A15	67,7 a	104,8 a	70,8 ab	159,7 a	88,4 a	55,5 a
A30	52,2 a	94,3 a	92,4 a	129,8 a	115,5 a	68,8 a
b) ↓						
WE15	68,0 a	107,3 n.n.	42,7 b [#]	31,4 b	56,0 n.n.	28,7 a
WE30/30	79,9 a	101,9 n.n.	63,8 ab	42,3 ab	78,3 n.n.	35,6 a
WE75/15	69,9 a	93,2 n.n.	72,3 ab	49,7 ab	57,9 n.n.	39,3 a
E15	121,6 a	112,2 n.n.	84,6 a	71,9 a	83,1 n.n.	32,8 a
E30	94,2 a	105,9 n.n.	64,1 ab	70,4 a	90,0 n.n.	30,6 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt; [#]Scheffé-Test

Tab. A LXVIII: Summe der bodenbürtige N-Menge im Spross des Weizens und der Leguminosen im Gemenge [kg N ha⁻¹] zur zweiten Ernte an den Standorten im Jahr 2004 und 2005 (Tukey-Test), a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	45,2 a	56,3 a	76,0 n.n.	46,6 a	25,5 a	31,8 a
WA30/30	36,5 a	58,9 a	68,2 n.n.	51,9 a	48,4 a	31,4 a
WA75/15	42,5 a	46,6 a	52,4 n.n.	45,0 a	33,5 a	39,7 a
b) ↓						
WE15	36,5 n.n.	56,5 a	64,2 a	61,9 n.n.	44,5 n.n.	32,7 a
WE30/30	50,8 n.n.	45,2 a	56,6 a	44,1 n.n.	17,0 n.n.	27,8 a
WE75/15	35,2 n.n.	53,4 a	48,5 a	59,7 n.n.	38,5 n.n.	28,7 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt

Tab. A LXIX: RYT der bodenbürtigen N-Erträge im Spross der Gemengevarianten zur zweiten Ernte an den Standorten in den Jahren 2004 und 2005 (Tukey-Test), a) Gemenge mit Ackerbohne, b) Gemenge mit Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	1,7 a	1,6 n.n.	1,2 a	1,1 a	0,6 a	0,8 a
WA30/30	1,2 a	1,2 n.n.	1,0 a	1,3 a	1,1 a	0,7 a
WA75/15	1,4 a	1,3 n.n.	0,8 a	0,9 a	0,9 a	0,9 a
b) ↓						
WE15	1,8 a	1,5 a [#]	1,2 a [#]	1,3 a	1,5 n.n.	1,1 n.n.
WE30/30	1,5 a	1,0 a	0,9 a	0,9 a	0,7 n.n.	0,8 n.n.
WE75/15	1,5 a	1,2 a	0,8 a	1,1 a	1,7 n.n.	1,5 n.n.

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$; n.n. = nicht normalverteilt, [#]Scheffé-Test

Tab. A LXX: Korn-N-Ertrag [kg N ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Stöckendrebber zur Kornreife im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	15,8	19,7	10,8	12,6	14,7 a
30 cm	15,7	18,9	8,2	12,6	13,8 a
75 cm	17,4	22,8	8,7	11,1	15,0 a
Mittel ¹⁾	16,3	20,5	9,2	12,1	
	b	a	c	c	

¹⁾ Anbauform $GD_{Tukey} (\alpha = 0,05) = 3,47$; F-Wert: 29,48, P-Wert: < 0,0001

²⁾ Reihenweite $GD_{Tukey} (\alpha = 0,05) = 2,73$; F-Wert: 0,61, P-Wert: 0,5504

Anbau x Reihenweite F-Wert: 0,85, P-Wert: 0,5403

Tab. A LXXI: Korn-N-Ertrag [kg N ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Reinshof zur Kornreife im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	58,4	70,4	49,1	56,4	58,6 a
30 cm	61,2	74,3	29,8	53,5	54,7 ab
75 cm	67,1	78,5	15,6	28,1	47,3 b
Mittel ¹⁾	62,2 b	74,4 a	31,5 d	46,0 c	

¹⁾ Anbauform $GD_{Tukey} (\alpha = 0,05) = 10,56$; F-Wert: 46,08, P-Wert: < 0,0001

²⁾ Reihenweite $GD_{Tukey} (\alpha = 0,01) = 5,71$; F-Wert: 5,71, P-Wert: 0,0074

Anbau x Reihenweite F-Wert: 6,29, P-Wert: 0,0002 (Wechselwirkungen)

Tab. A LXXII: Korn-N-Ertrag [kg N ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Deppoldshausen zur Kornreife im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	29,8	2,5	3,0	9,1	11,1
30 cm	28,6	6,8	4,0	4,4	11,0
75 cm	26,1	5,5	2,7	3,6	9,5
Mittel ¹⁾	28,2	4,9	3,2	5,7	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A LXXIII: Korn-N-Ertrag [kg N ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Stöckendrebber zur Kornreife im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	41,4	40,0	27,5	24,5	33,4 a
30 cm	48,2	42,0	35,2	26,2	37,9 a
75 cm	37,3	36,0	30,3	26,2	32,5 a
Mittel ¹⁾	42,3 a	39,3 a	31,0 b	25,6 b	

¹⁾ Anbauform $GD_{Tukey} (\alpha = 0,05) = 6,99$; F-Wert: 17,48, P-Wert: < 0,0001

²⁾ Reihenweite $GD_{Tukey} (\alpha = 0,05) = 5,49$; F-Wert: 3,38, P-Wert: 0,0462

Anbau x Reihenweite F-Wert: 0,72, P-Wert: 0,636

Tab. A LXXIV: Korn-N-Ertrag [kg N ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Reinshof zur Kornreife im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	39,6	50,5	22,3	41,4	38,5
30 cm	40,3	47,7	24,9	40,9	38,4
75 cm	51,2	50,1	19,7	53,5	43,6
Mittel ¹⁾	43,7	49,4	22,3	45,3	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A LXXV: Korn-N-Ertrag [kg N ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Deppoldshausen zur Kornreife im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾	
15 cm	31,2	26,3	15,3	26,2	24,7	ab
30 cm	32,7	32,9	12,7	22,6	25,2	a
75 cm	26,0	29,4	15,1	13,9	21,1	b
Mittel ¹⁾	30,0	29,5	14,3	20,9		
	a	a	c	b		

¹⁾ Anbauform $GD_{Tukey} (\alpha = 0,01) = 6,46$; F-Wert: 30,61, P-Wert: < 0,0001

²⁾ Reihenweite $GD_{Tukey} (\alpha = 0,05) = 4,08$; F-Wert: 3,67, P-Wert: 0,0365

Anbau x Reihenweite F-Wert: 2,71, P-Wert: 0,0300 (Wechselwirkungen)

Tab. A LXXVI: Bodenbürtiger N-Menge im Korn der Leguminosen [kg N ha⁻¹] zur Kornreife an den Standorten in den Jahren 2004 und 2005 (Tukey-Test), a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	10,8 a	17,7 b	27,7 b	12,1 n.n.	31,5 n.n.	15,6 b
WA30/30	8,2 a	11,1 b	46,6 b	8,8 n.n.	52,4 n.n.	15,9 b
WA75/15	8,7 a	14,6 b	60,3 ab	11,5 n.n.	33,5 n.n.	16,8 b
A15	15,8 a	31,1 a	92,7 a	50,7 n.n.	42,8 n.n.	44,5 a
A30	15,7 a	32,6 a	92,5 a	39,4 n.n.	57,0 n.n.	44,0 a
b) ↓						
WE15	12,6 a	10,4 n.n.	3,3 c	1,0 n.n.	42,3 n.n.	2,2 b
WE30/30	12,6 a	12,7 n.n.	7,2 bc	0,6 n.n.	26,7 n.n.	5,6 b
WE75/15	11,1 a	15,8 n.n.	16,6 b	0,8 n.n.	21,5 n.n.	7,8 ab
E15	15,8 a	29,4 n.n.	32,0 a	7,5 n.n.	29,7 n.n.	24,1 a
E30	15,7 a	24,8 n.n.	41,1 a	3,4 n.n.	24,9 n.n.	17,6 ab

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt

Tab. A LXXVII: Symbiotisch fixierte N-Menge im Korn der Leguminosen [kg N ha⁻¹] zur Kornreife an den Standorten in den Jahren 2004 und 2005 (Tukey-Test), a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	93,6 a	94,9 b	168,6 b	162,8 ab	159,6 n.n.	105,4 a
WA30/30	93,0 a	83,8 b	175,8 b	156,9 ab	158,2 n.n.	99,7 a
WA75/15	93,1 a	92,1 b	169,2 b	142,5 b	151,6 n.n.	109,2 a
A15	112,6 a	151,7 a	228,3 a	184,4 a	170,9 n.n.	89,5 a
A30	102,7 a	138,3 a	199,7 ab	140,2 b	165,5 n.n.	124,6 a
b) ↓						
WE15	35,7 a	67,5 a	19,4 n.n.	16,7 n.n.	46,5 a	8,9 a
WE30/30	48,2 a	73,2 a	28,2 n.n.	14,5 n.n.	64,0 a	20,1 a
WE75/15	26,5 a	74,0 a	41,7 n.n.	10,2 n.n.	60,7 a	21,8 a
E15	39,8 a	81,8 a	33,5 n.n.	11,0 n.n.	78,9 a	21,7 a
E30	45,9 a	87,0 a	38,6 n.n.	6,2 n.n.	56,3 a	19,5 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt

Tab. A LXXVIII: Summe der bodenbürtigen N-Menge im Korn des Weizens und der Leguminosen im Gemenge [kg N ha⁻¹] an den Standorten im Jahr 2004 und 2005 (Tukey-Test), a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	21,6 a	45,2 a	76,8 n.n.	34,4 a	34,5 a	30,9 a
WA30/30	16,3 a	46,3 a	76,4 n.n.	33,6 a	55,0 a	28,6 a
WA75/15	17,4 a	44,8 a	75,9 n.n.	31,2 a	36,2 a	31,9 a
b) ↓						
WE15	25,1 a	34,9 a	59,7 a	42,4 b	49,2 n.n.	28,4 a
WE30/30	25,1 a	38,9 a	60,7 a	41,5 b	31,2 n.n.	28,2 a
WE75/15	22,2 a	42,0 a	44,8 b	54,3 a	25,2 n.n.	21,6 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt

Tab. A LXXIX: RYT der bodenbürtigen N-Menge im Kornertrag der Gemengevarianten an den Standorten im Jahr 2004 und 2005 (Tukey-Test), a) Gemenge mit Ackerbohne, b) Gemenge mit Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	1,3 a	1,2 a	1,1 a	0,8 ab	0,8 a [#]	0,9 a
WA30/30	1,0 a	1,1 a	1,0 a	0,9 a	1,2 a	0,8 a
WA75/15	0,9 a	1,4 a	0,9 a	0,6 b	0,8 a	1,1 a
b) ↓						
WE15	1,4 a	1,0 b	1,1 a	1,5 a	1,6 a [#]	0,9 a
WE30/30	1,5 a	1,2 ab	1,1 a	1,2 a	1,3 a	1,0 a
WE75/15	1,2 a	1,3 a	1,0 a	1,4 a	0,8 a	0,9 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$; [#]Scheffé-Test

Tab. A LXXX: Stroh-N-Ertrag [kg N ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Stöckendrebber zur Kornreife im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	9,8	6,7	6,4	7,1	7,5 a
30 cm	10,3	6,6	4,7	7,1	7,2 a
75 cm	11,8	7,6	4,7	7,4	7,9 a
Mittel ¹⁾	10,6	7,0	5,3	7,2	
	a	b	c	b	

¹⁾ Anbauform $GD_{Tukey} (\alpha = 0,05) = 1,65$; F-Wert: 27,37, P-Wert: < 0,0001

²⁾ Reihenweite $GD_{Tukey} (\alpha = 0,05) = 1,29$; F-Wert: 0,80, P-Wert: 0,4561

Anbau x Reihenweite F-Wert: 1,14, P-Wert: 0,3619

Tab. A LXXXI: Stroh-N-Ertrag [kg N ha^{-1}] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Reinshof zur Kornreife im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	10,8	14,1	15,3	14,3	13,6 a
30 cm	16,7	17,8	13,1	11,7	14,8 a
75 cm	16,3	17,5	7,7	8,9	12,6 a
Mittel ¹⁾	14,6 a	16,5 a	12,0 a	11,6 a	

¹⁾ Anbauform $\text{GD}_{\text{Scheffé}} (\alpha = 0,05) = 5,21$; F-Wert: 3,53, P-Wert: 0,0309

²⁾ Reihenweite $\text{GD}_{\text{Scheffé}} (\alpha = 0,05) = 3,89$; F-Wert: 0,82, P-Wert: 0,4544

Anbau x Reihenweite F-Wert: 2,65, P-Wert: 0,0420 (Wechselwirkungen)

Tab. A LXXXII: Stroh-N-Ertrag [kg N ha^{-1}] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Deppoldshausen zur Kornreife im Jahr 2004

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	8,1	1,0	0,9	1,7	2,9
30 cm	8,7	2,5	1,1	1,3	3,4
75 cm	7,1	2,1	0,8	1,2	2,8
Mittel ¹⁾	8,0	1,9	0,9	1,4	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A LXXXIII: Stroh-N-Ertrag [kg N ha^{-1}] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Stöckendrebber zur Kornreife im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	11,2	12,2	11,4	11,7	11,6
30 cm	13,4	11,9	13,6	9,5	12,1
75 cm	10,3	11,0	10,1	8,7	10,0
Mittel ¹⁾	11,6	11,7	11,7	10,0	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A LXXXIV: Stroh-N-Ertrag [kg N ha^{-1}] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Reinshof zur Kornreife im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	14,5	20,8	12,6	13,5	15,4
30 cm	14,5	15,4	16,7	13,6	15,0
75 cm	14,7	17,8	14,7	17,6	16,2
Mittel ¹⁾	14,6	18,0	14,7	14,9	

^{1), 2)} nicht normalverteilt

Tab. A LXXXV: Stroh-N-Ertrag [kg N ha⁻¹] des Weizens in Rein- und Gemengesaat mit Ackerbohne oder Erbse am Standort Deppoldshausen zur Kornreife im Jahr 2005

Anbauform Reihenweite	Reinsaat 100 %	Reinsaat 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse	Mittel ²⁾
15 cm	11,1	8,5	5,6	7,5	8,2 a
30 cm	11,5	10,1	5,1	6,6	8,3 a
75 cm	9,5	9,0	5,7	4,7	7,2 a
Mittel ¹⁾	10,7 a	9,2 a	5, b	6,2 b	

¹⁾ Anbauform GD_{Tukey} ($\alpha = 0,001$) = 2,34; F-Wert: 39,09, P-Wert: < 0,0001

²⁾ Reihenweite GD_{Tukey} ($\alpha = 0,05$) = 1,18; F-Wert: 3,08, P-Wert: 0,0593

Anbau x Reihenweite F-Wert: 1,78, P-Wert: 0,1327

Tab. A LXXXVI: Bodenbürtige N-Menge im Stroh der Leguminosen [kg N ha⁻¹] zur dritten Ernte an den Standorten im Jahr 2004 und 2005 (Tukey-Test), a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	6,4 n.n.	0,0 n.n.	0,0 c [#]	0,0 n.n.	1,5 n.n.	0,4 n.n.
WA30/30	4,7 n.n.	0,0 n.n.	1,3 bc	0,0 n.n.	1,5 n.n.	0,0 n.n.
WA75/15	4,7 n.n.	0,0 n.n.	4,6 bc	0,0 n.n.	1,0 n.n.	0,7 n.n.
A15	9,8 n.n.	0,2 n.n.	14,8 ab	2,4 n.n.	10,0 n.n.	2,6 n.n.
A30	10,3 n.n.	0,0 n.n.	21,6 a	5,1 n.n.	7,3 n.n.	4,2 n.n.
b) ↓						
WE15	7,1 a	0,0	0,0 c [#]	0,0 b	0,9 a	0,0 n.n.
WE30/30	7,1 a	0,0	0,5 c	0,0 b	1,8 a	0,0 n.n.
WE75/15	7,4 a	0,0	3,0 c	1,1 b	0,9 a	0,0 n.n.
E15	9,8 a	0,0	37,2 a	7,3 a	0,9 a	0,0 n.n.
E30	10,3 a	0,0	23,7 b	7,2 a	2,3 a	0,1 n.n.

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt; [#]Scheffé-Test

Tab. A LXXXVII: Symbiotisch fixierte N-Menge im Stroh der Leguminosen [kg N ha⁻¹] zur dritten Ernte an den Standorten im Jahr 2004 und 2005 (Tukey-Test), a) Ackerbohne, b) Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	33,7 a	44,8 n.n.	63,4 a [#]	70,5 a [#]	41,7 a	32,9 a [#]
WA30/30	36,3 a	28,8 n.n.	70,7 a	70,6 a	44,6 a	33,0 a
WA75/15	37,0 a	29,2 n.n.	66,6 a	70,7 a	43,6 a	33,5 a
A15	34,6 a	45,8 n.n.	102,5 a	92,5 a	64,6 a	39,5 a
A30	33,6 a	46,3 n.n.	75,0 a	93,9 a	60,6 a	48,7 a
b) ↓						
WE15	4,9 a	15,0 b [#]	16,2 b [#]	9,2 b	19,1 ab	7,7 b
WE30/30	4,7 a	18,4 b	18,5 ab	8,8 b	18,3 ab	9,0 b
WE75/15	3,4 a	18,1 b	25,1 ab	10,0 b	14,1 b	8,2 b
E15	8,7 a	31,2 a	17,7 ab	23,1 a	24,2 a	13,7 a
E30	6,3 a	26,3 ab	31,0 a	21,2 a	21,5 ab	10,9 ab

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt; [#]Scheffé-Test

Tab. A LXXXVIII: Summe der bodenbürtigen N-Menge im Stroh des Weizens und der Leguminosen im Gemenge [kg N ha⁻¹] zur dritten Ernte an den Standorten im Jahr 2004 und 2005 (Tukey-Test), a) Ackerbohne, b) Erbse

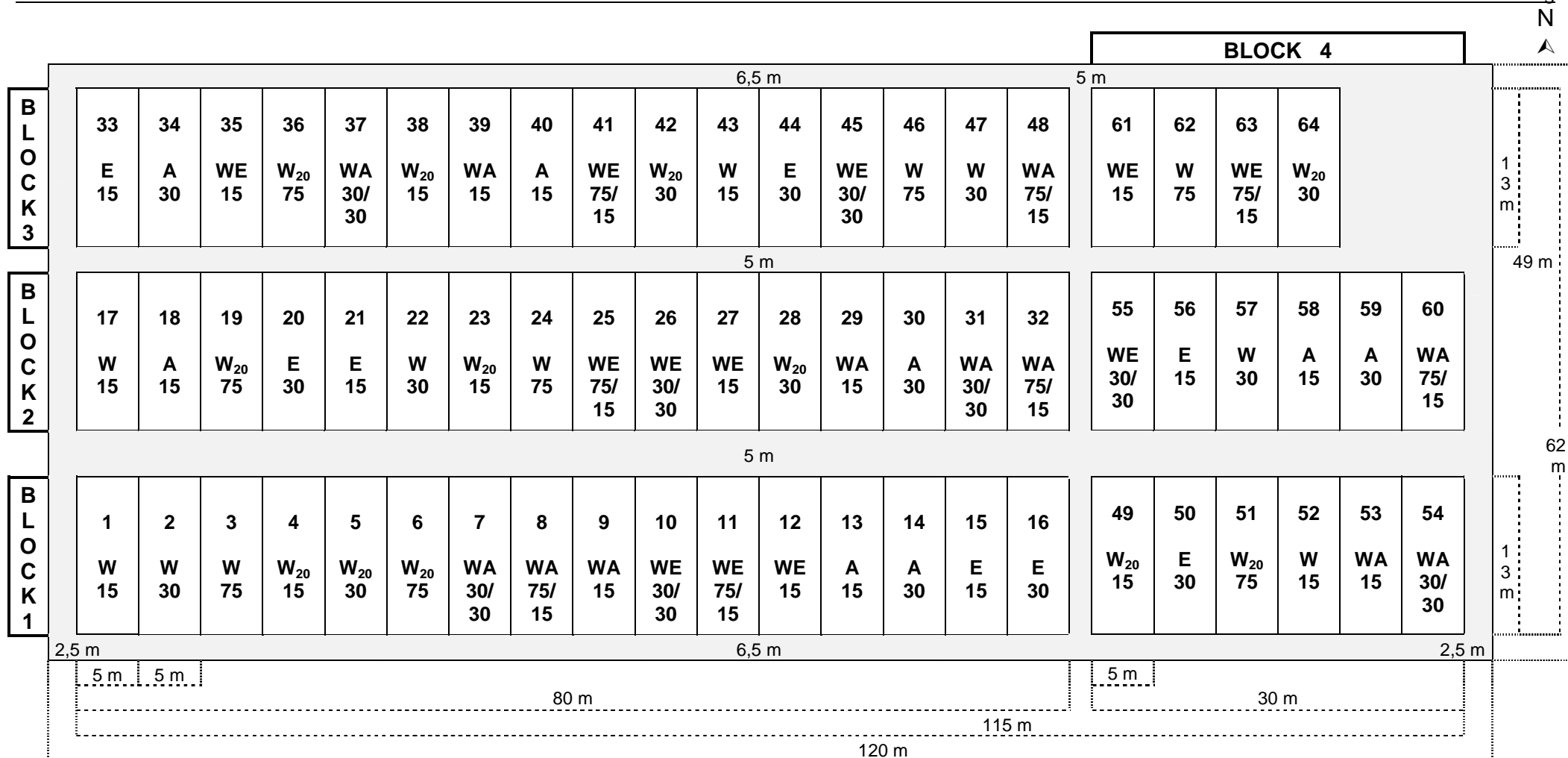
Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	12,8 n.n.	11,4 n.n.	15,3 a [#]	12,6 a [#]	2,4 a [#]	6,0 a [#]
WA30/30	9,4 n.n.	14,9 n.n.	14,4 a	17,1 a	4,1 a	4,2 a
WA75/15	9,4 n.n.	10,1 n.n.	10,4 a	14,7 a	1,9 a	6,4 a
b) ↓						
WE15	14,2 a	11,7 a [#]	14,3 a [#]	13,5 b	2,6 a [#]	7,5 a
WE30/30	14,3 a	9,5 a	12,3 a	13,6 b	3,7 a	6,6 a
WE75/15	14,7 a	8,7 a	11,9 a	18,7 a	2,1 a	4,7 a

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$, n.n. = nicht normalverteilt; [#]Scheffé-Test

Tab. A LXXXIX: RYT der bodenbürtigen N-Menge im Stroh der Gemengevarianten zur dritten Ernte an den Standorten im Jahr 2004 und 2005 (Tukey-Test), a) Gemenge mit Ackerbohne, b) Gemenge mit Erbse

Standorte Jahre	Stöckendrebber		Reinshof		Deppoldshausen	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
a) ↓						
WA15	1,6 n.n.	n.e.	1,5 a [#]	0,8 a [#]	0,9 n.n.	n.e.
WA30/30	1,2 n.n.	n.e.	1,1 a	1,3 a	0,9 n.n.	n.e.
WA75/15	1,1 n.n.	n.e.	1,1 a	1,1 a	0,7 n.n.	n.e.
b) ↓						
WE15	1,8 a	n.e.	1,2 a [#]	0,9 a	1,1 a [#]	n.e.
WE30/30	1,8 a	n.e.	1,0 a	1,0 a	0,8 a	n.e.
WE75/15	1,7 a	n.e.	0,7 a	1,3 a	0,9 a	n.e.

verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten eines Standortes und Jahres, $\alpha = 0,05$; n.n. = nicht normalverteilt; n.e. = nicht ermittelbar, Stroh-N-Ertrag Leguminosen Null; [#]Scheffé-Test



Bruttoversuchsgröße: 120 m x 62 m = 7440 m² Parz.: 2 Drillspuren a 2,5 m = 5 m Parz.breite = 34 Reihen = 14,7 cm Reihenabstand (Scheibenschare)

Nettoversuchsgröße: 5 m x 13 m x 64 Parz. = 4160 m² Wege: 3280 m²

Pflanzenarten: Winterweizen *Bussard* (TKG 41,4 g, Kf. 95 %), Wintererbse *Cheyenne* (TKG 210 g, Kf. 93 %), Winterackerbohne *Hiverna* (TKG 485 g, Kf. 95 %)

W15-75 und **W₂₀15-75**: Reinsaat Weizen 15-75 cm Reihenweite, W₂₀: 20 % Reinsaatstärke

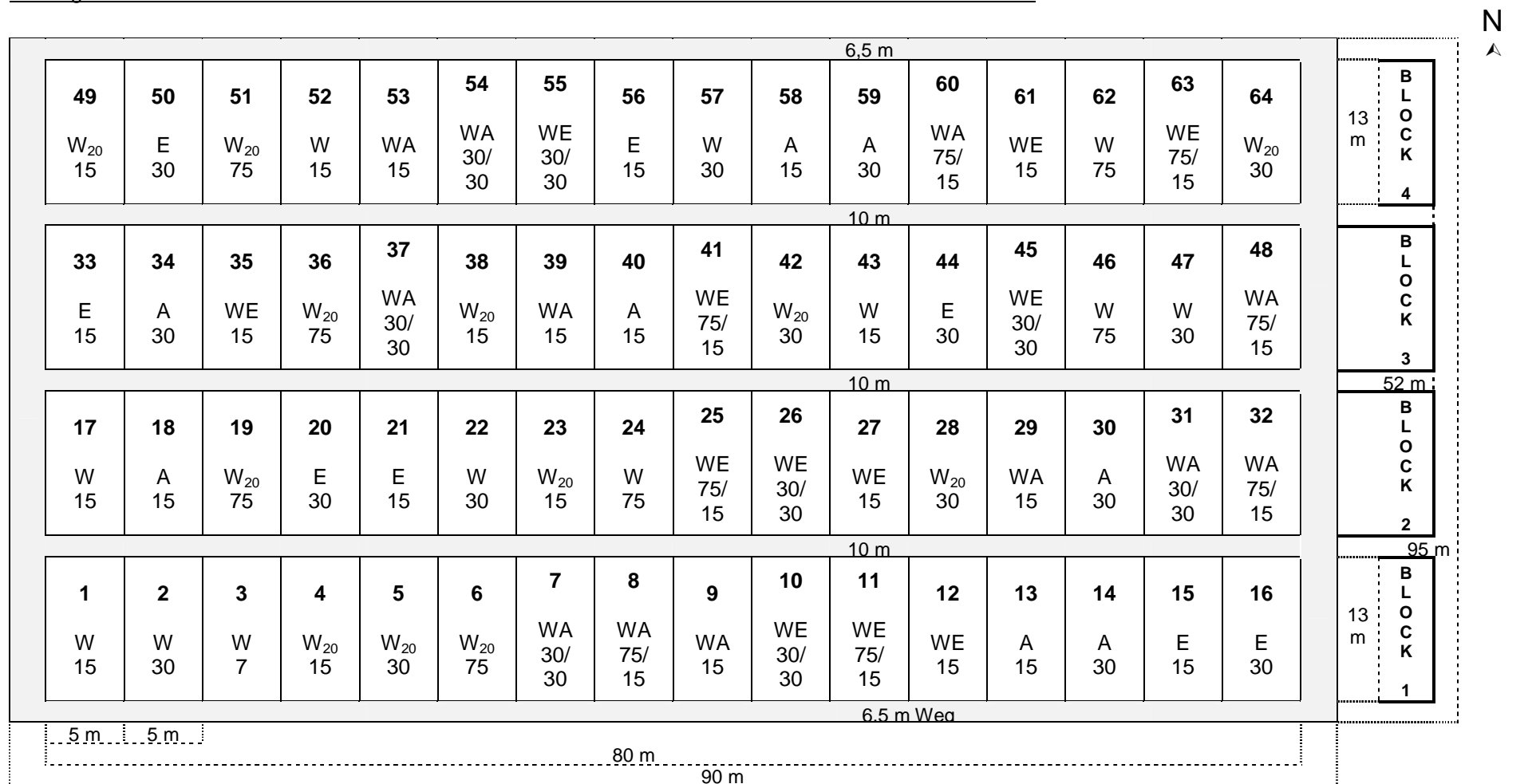
A15, A30 und **E15, E30**: Reinsaat Ackerbohne bzw. Erbse 15 u. 30 cm Reihenweite

WA30/30 und **WE30/30**: Gemenge Weizen/Ackerbohne bzw. Weizen/Erbse alternierend je 30 cm Reihenweite Weizen und Ackerbohne bzw. Erbse

WA 75/15 und **WE75/15**: Gemenge Weizen/Ackerbohne bzw. Weizen/Erbse Streifensaat 75 cm Reihenweite Weizen, 15 cm Reihenweite Ackerbohne bzw. Erbse

WA15 und **WE15**: Gemenge Weizen/Ackerbohne bzw. Weizen/Erbse Mischbau 15 cm Reihenweite, Weizen und Ackerbohne bzw. Erbse in einer Reihe

Abb. A I: Versuchsplan Standort Reinshof im Jahr 2004 (Schlag 2a Stemmekamp)



Bruttoversuchsgröße: 90 m x 95 m =

8550 m²

Parzelle: 2 Drillspuren a 2,5 m = 5 m Parz.breite = 34 Reihen = 15 cm Reihenabstand

Nettoversuchsgröße: 5 m x 13 m x 64 Parz. =

4160 m²Wege: 4390 m²

Aussaat mit Scheibenscharen

Pflanzenarten: Winterweizen *Bussard* (TKG 40,1 g, Kf. 91 %), Wintererbse *Cheyenne* (TKG 182 g, Kf. 98 %), Winterackerbohne *Hiverna* (TKG 487 g, Kf. 96 %)**1-64:** durchlaufende ParzellennummerierungW 15-75 und W₂₀ 15-75 Reinsaat Weizen 15-75 cm Reihenweite, W₂₀: 20 % Reinsaatstärke

A 15, A 30 und E 15, E 30 Reinsaat Ackerbohne bzw. Erbse 15 u. 30 cm Reihenweite

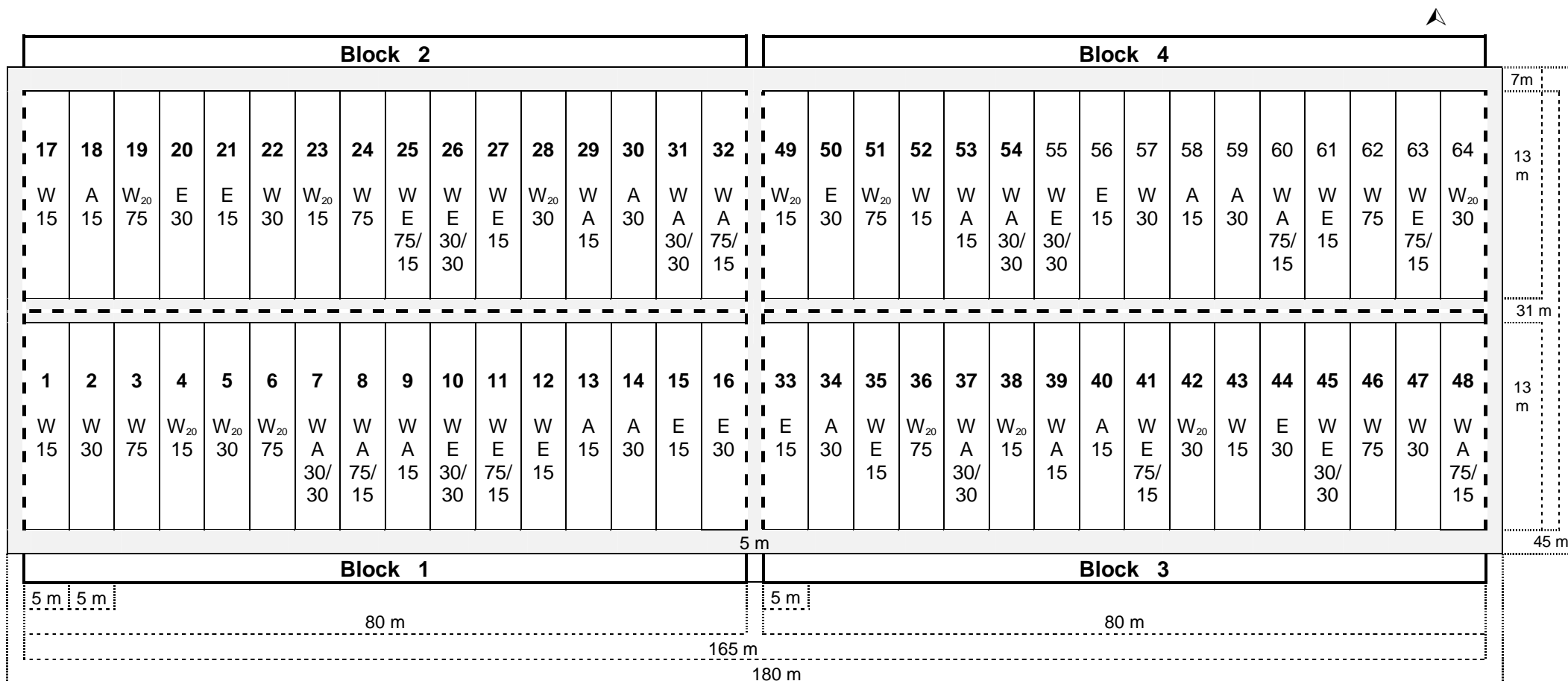
WA 30/30 und WE 30/30 Gemenge Weizen/Ackerbohne bzw. Weizen/Erbse alternierend je 30 cm Reihenweite Weizen und Ackerbohne bzw. Erbse

WA 75/15 und WE 75/15 Gemenge Weizen/Ackerbohne bzw. Weizen/Erbse Streifensaat 75 cm Reihenweite Weizen, 15 cm Reihenweite Ackerbohne bzw. Erbse

WA 15 und WE 15 Gemenge Weizen/Ackerbohne bzw. Weizen/Erbse Mischanbau 15 cm Reihenweite, Weizen und Ackerbohne bzw. Erbse in einer Reihe

Abb. A II: Versuchsplan Standort Reinshof im Jahr 2005 (Schlag Sauanger)

N



Bruttoversuchsgröße: 180 m x 45 m = 8100 m² Parz.: 2 Drillspuren a 2,5 m = 5 m Parz.breite = 34 Reihen = 14,7 cm Reihenabstand (Scheibenschäre)

Nettoversuchsgröße: 5 m x 13 m x 64 Parz. = 4160 m² Wege: 3940 m²

Pflanzenarten: Winterweizen *Bussard* (TKG 41,4 g, Kf. 95 %), Wintererbse *Cheyenne* (TKG 210 g, Kf. 93 %), Winterackerbohne *Hiverna* (TKG 485 g, Kf. 95 %)

1-64: durchlaufende Parzellenummerierung

W15-75 und **W₂₀15-75**: Reinsaat Weizen 15-75 cm Reihenweite, W₂₀: 20 % Reinsaatstärke

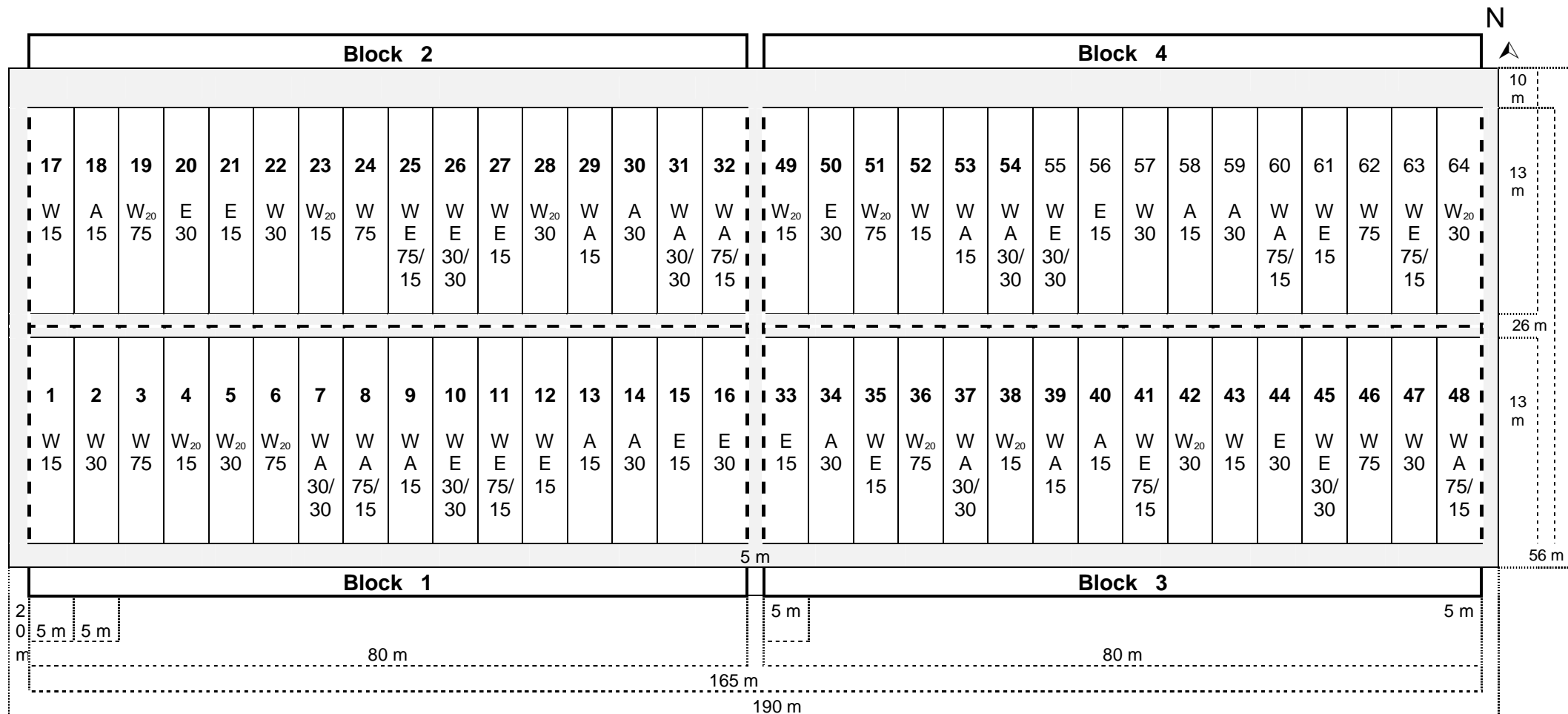
A15, A30 und **E15, E30**: Reinsaat Ackerbohne bzw. Erbse 15 u. 30 cm Reihenweite

WA30/30 und **WE30/30**: Gemenge Weizen/Ackerbohne bzw. Weizen/Erbse alternierend je 30 cm Reihenweite Weizen und Ackerbohne bzw. Erbse

WA 75/15 und **WE75/15**: Gemenge Weizen/Ackerbohne bzw. Weizen/Erbse Streifensaat 75 cm Reihenweite Weizen, 15 cm Reihenweite Ackerbohne bzw. Erbse

WA15 und **WE15**: Gemenge Weizen/Ackerbohne bzw. Weizen/Erbse Mischanbau 15 cm Reihenweite, Weizen und Ackerbohne bzw. Erbse in einer Reihe

Abb. A III: Versuchsplan Standort Stöckendrebber im Jahr 2004 (Schlag Haidgarten)



Bruttoversuchsgröße: 190 m x 56 m = 10640 m² Parz.: 2 Drillspuren a 2,5 m = 5 m Parz.breite = 34 Reihen = 15 cm Reihenabstand (Scheibenschare)

Nettoversuchsgröße: 5 m x 13 m x 64 Parz. = 4160 m² Wege: 3940 m²

Pflanzenarten: Winterweizen *Bussard* (TKG 40,1 g, Kf. 91 %), Wintererbse *Cheyenne* (TKG 182 g, Kf. 98 %), Winterackerbohne *Hiverna* (TKG 487 g, Kf. 96 %)

1-64: durchlaufende Parzellenummerierung

W15-75 und **W₂₀15-75**: Reinsaat Weizen 15-75 cm Reihenweite, W₂₀: 20 % Reinsaatstärke

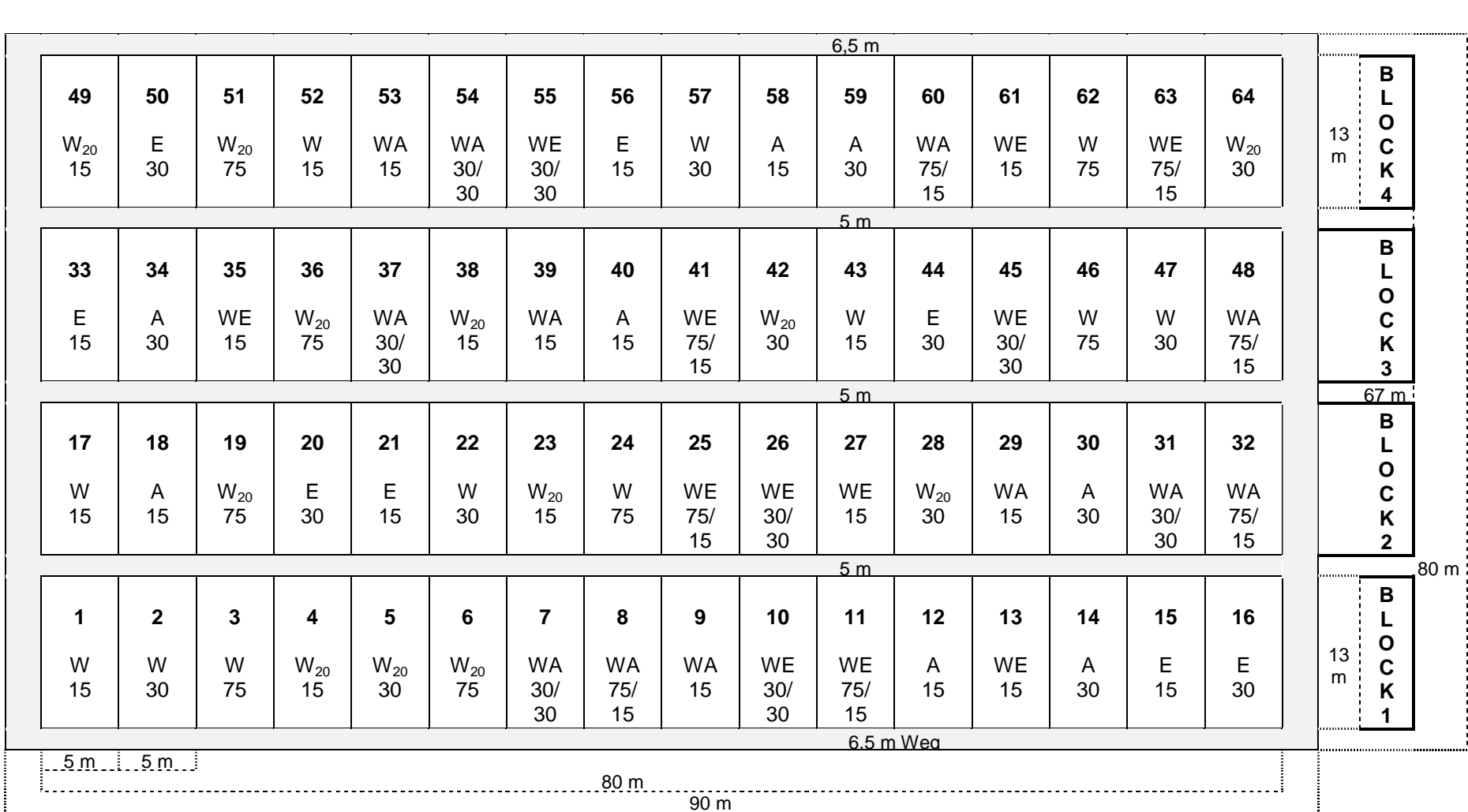
A15, A30 und **E15, E30**: Reinsaat Ackerbohne bzw. Erbse 15 u. 30 cm Reihenweite

WA30/30 und **WE30/30**: Gemenge Weizen/Ackerbohne bzw. Weizen/Erbse alternierend je 30 cm Reihenweite Weizen und Ackerbohne bzw. Erbse

WA 75/15 und **WE75/15**: Gemenge Weizen/Ackerbohne bzw. Weizen/Erbse Streifensaat 75 cm Reihenweite Weizen, 15 cm Reihenweite Ackerbohne bzw. Erbse

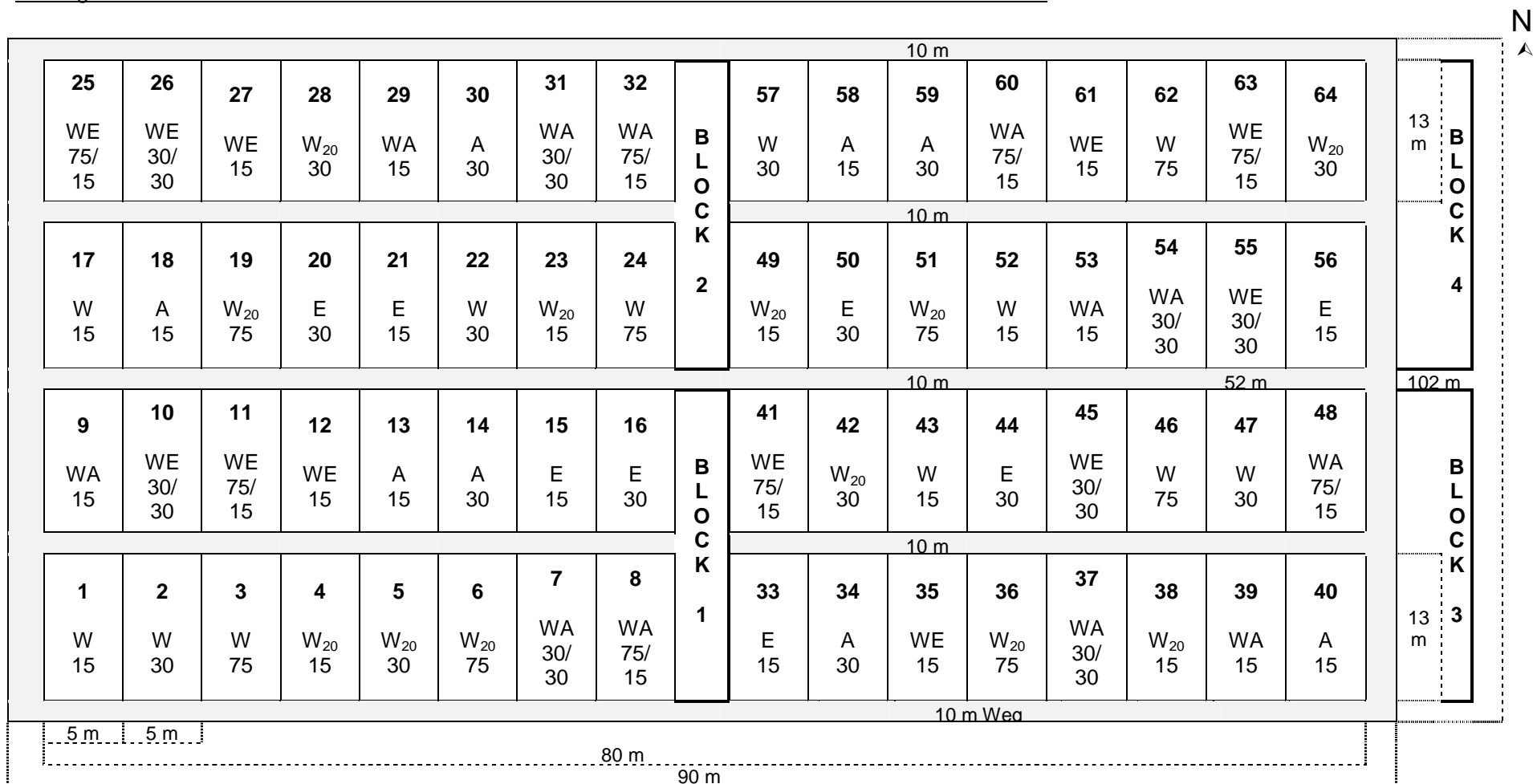
WA15 und **WE15**: Gemenge Weizen/Ackerbohne bzw. Weizen/Erbse Mischbau 15 cm Reihenweite, Weizen und Ackerbohne bzw. Erbse in einer Reihe

Abb. A IV: Versuchsplan Standort Stöckendrebber im Jahr 2005 (Schlag Warnkingkoppel)



Bruttoversuchsgröße: 90 m x 80 m = 7200 m² Parzelle: 2 Drillspuren a 2,5 m = 5 m Parz.breite = 34 Reihen = 14,7 cm Reihenabstand
 Nettoversuchsgröße: 5 m x 13 m x 64 Parz. = 4160 m² Wege: 3040 m² Aussaat mit Scheibenscharen
 Pflanzenarten: Winterweizen *Bussard* (TKG 41,4 g, Kf. 95 %), Wintererbse *Cheyenne* (TKG 210 g, Kf. 93 %), Winterackerbohne *Hiverna* (TKG 485 g, Kf. 95 %)
1-64: durchlaufende Parzellenummerierung
 W 15-75 und W₂₀ 15-75 Reinsaat Weizen 15-75 cm Reihenweite, W₂₀: 20 % Reinsaatstärke
 A 15, A 30 und E 15, E 30 Reinsaat Ackerbohne bzw. Erbse 15 u. 30 cm Reihenweite
 WA 30/30 und WE 30/30 Gemenge Weizen/Ackerbohne bzw. Weizen/Erbse alternierend je 30 cm Reihenweite Weizen und Ackerbohne bzw. Erbse
 WA 75/15 und WE 75/15 Gemenge Weizen/Ackerbohne bzw. Weizen/Erbse Streifensaat 75 cm Reihenweite Weizen, 15 cm Reihenweite Ackerbohne bzw. Erbse
 WA 15 und WE 15 Gemenge Weizen/Ackerbohne bzw. Weizen/Erbse Mischbau 15 cm Reihenweite, Weizen und Ackerbohne bzw. Erbse in einer Reihe

Abb. A V: Versuchsplan Standort Deppoldshausen im Jahr 2004 (Schlag Wolfsacker)



Bruttoversuchsgröße: 90 m x 102 m = 9180 m² Parzelle: 2 Drillspuren a 2,5 m = 5 m Parz.breite = 34 Reihen = 15 cm Reihenabstand
 Nettoversuchsgröße: 5 m x 13 m x 64 Parz. = 4160 m² Wege: 5020 m² Aussaat mit Scheibenscharen
 Pflanzenarten: Winterweizen *Bussard* (TKG 40,1 g, Kf. 91 %), Wintererbse *Cheyenne* (TKG 182 g, Kf. 98 %), Winterackerbohne *Hiverna* (TKG 487 g, Kf. 96 %)

1-64: durchlaufende Parzellennummerierung

W 15-75 und W₂₀ 15-75 Reinsaat Weizen 15-75 cm Reihenweite, W₂₀: 20 % Reinsaatstärke

A 15, A 30 und E 15, E 30 Reinsaat Ackerbohne bzw. Erbse 15 u. 30 cm Reihenweite

WA 30/30 und WE 30/30 Gemenge Weizen/Ackerbohne bzw. Weizen/Erbse alternierend je 30 cm Reihenweite Weizen und Ackerbohne bzw. Erbse

WA 75/15 und WE 75/15 Gemenge Weizen/Ackerbohne bzw. Weizen/Erbse Streifensaat 75 cm Reihenweite Weizen, 15 cm Reihenweite Ackerbohne bzw. Erbse

WA 15 und WE 15 Gemenge Weizen/Ackerbohne bzw. Weizen/Erbse Mischbau 15 cm Reihenweite, Weizen und Ackerbohne bzw. Erbse in einer Reihe

Abb. A VI: Versuchsplan Standort Deppoldshausen im Jahr 2005 (Schlag Im Lehne 1)

Danksagung

Herzlich danken möchten wir,

dem BMELV für die finanzielle Unterstützung sowie der Geschäftsstelle des Bundesprogramms Ökologischer Landbau in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), insbesondere Herrn Stefan Lange, Herrn Daniel Nikolic und Frau Katerina Kotzia für die Betreuung des Projektes,

Prof. Dr. Rolf Rauber und Prof. Dr. Elke Pawelzik für die ergänzende wissenschaftliche Betreuung,

unserem Landwirt in Stöckendrebber, für die Bereitstellung der Flächen am Außenstandort und die hervorragende Zusammenarbeit,

Christiane Münter und Thomas Seibold für Ihren unermüdlichen Einsatz bei der Versuchsdurchführung,

Helmut Gehrke und das landwirtschaftliche Feldpersonal: Doris Freitag, Regina Rösler, Blazenka Schlegel, Ingrid Funke, Renate Hahne, Inge Weitemeyer, Anita Bartlitz, Ulrich Mühe, Lothar Meyer, Reinold Warnicke, Alfons Heinemann, Reimund Goldmann, Rudi Mundt, Albert Heine, Helmut Henze, Karl-Heinz Blumenberg für die Anstrengungen im Feld und die Probenaufarbeitung,

den wissenschaftlichen Mitarbeitern: Rüdiger, Jan, Philipp, Timo, Björn, Christoph, den studentischen Hilfskräften: Daniela S., Caro, Kerstin, Maike, Katrin, Linda, Daniela M., Raphael, Stefan sowie den LTA-SchülerInnen: Anna-Lena, Iris, Daniela, Katharina, Joschka, Michael, Stefan, Fabian, Jan-Hendrik, die maßgebliche an der Probenahme und Aufbereitung beteiligt waren, für Ihre Hilfe bei der Versuchsdurchführung

dem Ackerbaulabor in Göttingen: Nina Hoffmann, Gabi Kollé, Kerstin Jespersen, Thomas Brandenburg insbesondere für die Analyse zahlreicher N_{\min} -Proben sowie die Einwaage der Proben für das Isotopenlabor und die C/N-Analyse,

Herrn R. Langel & Mitarbeiter des Kompetenzzentrums stabile Isotope in Göttingen für die umfangreichen Messungen der Isotope ^{14}N und ^{15}N in den Proben,

Frau Schwarzenberg & Mitarbeiterinnen der Zentralverwaltung HTW Dresden sowie Frau Schwarzak in Pillnitz für Unterstützung bei der Finanzverwaltung des Projektes,

Susanne Grube, Anja Wrobel und Miraim Köhler im Sekretariat des Departments für Nutzpflanzenwissenschaften in Göttingen für die Unterstützung bei der Finanzverwaltung des Projektes und die sonstigen verwaltungstechnischen Aufgaben,

Prof. Dr. Wolfgang Link für die Unterstützung bei der Suche nach Winterackerbohnen- und Wintererbsensaatgut sowie der Bereitstellung umfangreicher Literatur zur Winterackerbohne,

Johannes Hallmann, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Nematologie und Wirbeltierkunde, für die Nethodenbestimmung der Bodenproben aus Stöckendrebber,

Dr. Thomas Wilde, Amazonen-Werke H. Dreyer GmbH & Co KG, Hasbergen-Gaste, für die Bereitstellung der Sämaschinen zur Durchführung der Feldversuche.

Qualitätsverbesserung von Winterweizen im Gemenge mit Winterackerbohne oder Wintererbse

Claudia Hof-Kautz¹⁾, Knut Schmidtke²⁾ und Rolf Rauber¹⁾

Beraterrundbrief: Empfehlungen anhand der Ergebnisse des Forschungsprojektes

„Erzeugung von Weizen hoher Backqualität durch Gemengeanbau mit Winterackerbohne und Wintererbse im ökologischen Landbau“

Ein Forschungsprojekt der Stiftungsprofessur Ökologischer Landbau der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH) in Kooperation mit dem Department für Nutzpflanzenwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen. Gefördert im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (Projekt BLE 03OE050)

1 Einleitung

Zur Verwertung des Weizens zu Backzwecken wird seitens der abnehmenden Hand bei ökologisch angebautem Weizen ein Proteingehalt im Korn des Weizens von mindestens 11,0 % gefordert. Viehlos wirtschaftenden Betrieben stehen schnell wirksame Stickstoff-Düngemittel nicht oder nur in geringen Mengen zur Verfügung, um über eine Düngung in späten Entwicklungsstadien des Weizens einen entsprechend hohen Kornproteingehalt zu erzeugen. So sind hier hohe Proteingehalte im Korn des Weizens vor allem über die Gestaltung der Fruchtfolge zu erreichen. Darüber hinaus besteht in einer Reihe von Fällen die Möglichkeit, über den Anbau des Weizens mit weitem Reihenabstand (> 30 cm), den Gehalt an Protein im Korn des Weizens zu erhöhen (Anbausystem Weite Reihe). Es wird hierbei davon ausgegangen, dass bei Reduzierung des Ertrages im Vergleich zur Normal Saat eine deutliche Qualitätssteigerung durch den Anbau von Weizen mit einem Reihenabstand von 40 oder 50 cm erreicht werden kann. Häufig werden zusätzlich Untersaaten mit Futterleguminosen in den Reihenzwischenraum eingesät. Allerdings ist dieses System aufgrund der großen Kompensationsfähigkeit des Weizens nicht verfahrenssicher, so dass in einigen Fällen trotz weitem Reihenabstand nicht die erforderlichen Gehalte an Protein im Korn erreicht werden. Der Anbau von Winterweizen im Gemenge mit Winterkörnerleguminosen könnte deshalb eine weitere Möglichkeit zur Erzeugung von Qualitätsbackweizen im ökologischen Landbau sein, da im Gemenge mit Körnerleguminosen stets höhere Proteingehalte im Korn des Getreides gefunden wurden. Darüber hinaus gehen häufig mit dem Gemengeanbau weitere Vorteile einher: Mehrertrag im Vergleich zu den Reinsaaten,

¹⁾ Abteilung Pflanzenbau, Department für Nutzpflanzenwissenschaften,
Georg-August-Universität Göttingen, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen, chof@gwdg.de
²⁾ Fachbereich Landbau/Landespflege, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH),
Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden, schmidtke@pillnitz.htw-dresden.de

höhere Ertragstabilität, Vermeidung eines Totalausfalls einer Kultur, Abwehr von Schädlingen und Krankheiten, Verringerung der Lagergefahr sowie der Nährstoffverluste.

Wichtige, bereits in der Praxis seit langer Zeit genutzte Gemenge sind Futterbau- (Klee- oder Luzernegrasgemenge) und Zwischenfruchtgemengen (Wickroggen, Landsberger Gemenge). Weiterhin werden Körnerfruchtgemenge mit Sommerformen wie Erbse/Hafer, Erbse/Gerste, Erbse/Hafer/Gerste und zu geringeren Anteilen Ackerbohne/Getreide, Lupine/Getreide, Linse/Nacktgerste oder Nackthafer, Körnerleguminosenmischungen, Getreidearten- oder sortenmischungen, Gemenge mit Ölfrüchten (z. B. Leindotter/Erbse, Leindotter/Getreide, Leindotter/Erbse/Getreide, Öllein/Leindotter, Öllein/Weizen, Saflor/Lupine) sowie Untersaaten in Getreide, Kartoffeln oder Ackerbohnen in der Praxis des ökologischen Landbaus angebaut und in der Forschung weiter entwickelt.

2 Durchführung des Projektes

In zwei Vegetationsperioden (2003/2004 und 2004/2005) wurden auf drei verschiedenen Standorten (Reinshof, Auenlöss, toniger Lehm, 89 Bodenpunkte (BP); Stöckendrebber, lehmiger Sand, 40-60 BP und Deppoldshausen, Muschelkalkverwitterungsboden, toniger Lehm, 38-40 BP) unterschiedliche Reinsaaten und Gemenge des Winterweizens (Sorte Bussard) mit Winterackerbohne (Sorte Hiverna) und Wintererbse (Sorte Cheyenne) angebaut. Der Weizen in Reinsaat wurde mit den Saatstärken 300 Körner/m² (100 %) und 60 Körner/m² (20 %) und jeweils mit Reihenweiten von 15, 30 und 75 cm analog zum System Weite Reihe allerdings ohne Untersaaten etabliert (Tab. 1, Bild 1 im Anhang). Die Gemenge wurden als Mischsaat, in alternierenden Reihen oder Reihen-Streifen-Saat mit einer Saatstärke des Weizens von 60 Körnern/m² und der Ackerbohne von 24 Körnern/m² oder der Erbse von 64 Körnern/m² angelegt (Bild 2 im Anhang). Zum Vergleich gab es darüber hinaus verschiedene Reinsaaten der Körnerleguminosen (Bild 3 im Anhang). Im Projekt wurden folgende Erhebungen und Berechnungen durchgeführt: Ertragsleistungen der Kulturen, Ertragskomponenten, Qualitätsanalyse des Winterweizens (Bild 10 im Anhang), N_{min}-Beprobungen (Bild 8 und 9 im Anhang), Vorfruchtwirkung zu Winterroggen, symbiotische Stickstofffixierleistung der Winterackerbohne und -erbse, Befall der Erbse mit Erbsenwickler, Lager der Erbse, Abstand Fahnenblatt zu Ähre beim Weizen sowie die Deckungsbeiträge der Bestände sowie der Vorfrucht (Weizen mit unterschiedlicher Saatstärke und Standortzuteilung sowie Gemenge und Reinsaaten der Körnerleguminosen) und Nachfrucht (Winterroggen).

Tab. 1: Prüfglieder der Feldversuche

Variante	Abkürzung	Anbauform	Art	Reihenabstand cm	Saatstärke	
					keimfähige Körner/m ²	%
1	W15	Reinsaat	Weizen	15	300	100
2	W30	Reinsaat	Weizen	30	300	100
3	W75	Reinsaat	Weizen	75	300	100
4	W ₂₀ 15	Reinsaat	Weizen	15	60	20
5	W ₂₀ 30	Reinsaat	Weizen	30	60	20
6	W ₂₀ 75	Reinsaat	Weizen	75	60	20
8	WA15	Mischsaat	Weizen	15	60	20
			Ackerbohne	15	24	80
9	WA30/30	Abwechselnde Reihen	Weizen	30	60	20
			Ackerbohne	30	24	80
10	WA75/15	Reihen- Streifen- Gemeinge	Weizen	75	60	20
			Ackerbohne	15	24	80
10	WE15	Mischsaat	Weizen	15	60	20
			Erbse	15	64	80
11	WE30/30	Abwechselnde Reihen	Weizen	30	60	20
			Erbse	30	64	80
12	WE75/15	Reihen- Streifen- Gemeinge	Weizen	75	60	20
			Erbse	15	64	80
13	A15	Reinsaat	Ackerbohne	15	30	100
14	A30	Reinsaat	Ackerbohne	30	30	100
15	E15	Reinsaat	Erbse	15	80	100
16	E30	Reinsaat	Erbse	30	80	100

3 Projektergebnisse

3.1 Kornerträge

Aufgrund der guten Wachstumsbedingungen in den Untersuchungsjahren 2004 und 2005, der hohen Kompensationsleistung des Weizens (Bestockung, Körner/Ähre) und der mechanischen Unkrautregulierung konnte der Weizen mit nur 20 % seiner Aussaatstärke in Reinsaat (60 Körner/m²) gleich hohe oder sogar höhere Kornerträge erzielen wie der Weizen bei normaler Saatstärke (300 Körner/m²). Eine so geringere Saatstärke des Weizens kann allerdings nicht generell empfohlen werden, da eine Gefahr eines Totalausfalls des Weizens besteht (siehe Standort Deppoldshausen im Jahr 2004, Abb. 1) und Unkräuter stärker als bei üblichen Saatstärken des Weizens reguliert werden müssen. Nur im Falle einer hohen Überwinterung des Weizens und eines effizienten Unkrautmanagements können Dünnsaaten zu den hier ermittelten Ertragsleistungen und Qualität des Korngutes führen. In Reinsaat kann die Winterackerbohne mit zum Teil sehr hohen Kornerträgen bis zu etwa 70,0 dt TM/ha (Standort Reinshof im Jahr 2004) eine attraktive Alternative darstellen. Allerdings gelingt es mit dem bisher verfügbaren Sortenspektrums der Winterackerbohne nicht, eine ausreichende Überwinterung an allen Standorten und in jedem Jahr in Deutschland sicherzustellen. Der Anbau der Wintererbse ist aufgrund der Lageranfälligkeit und der häufig einsetzenden Spätverunkrautung (Bild 6) trotz zum Teil sehr guten Erträgen mit einem höheren Risiko verbunden als der Anbau der Winterackerbohne. Die Gemenge aus Winterkornleguminosen und Winterweizen können auf Standorten mit sandigen oder sandig-lehmigen Böden absolute Mehrerträge in der Summe beider Partner erzielen, wie die Ergebnisse vom Standort Stöckendrebber zeigen. In der Regel hatten alle Gemengevarianten einen relativen Mehrertrag erbracht, so dass von einer höheren Flächenproduktivität der Gemenge im Vergleich zu den Reinsaaten gesprochen werden kann. Die Einzelerträge der Arten im Gemenge sind jedoch geringer als in Reinsaat (Abb. 1 und 2).

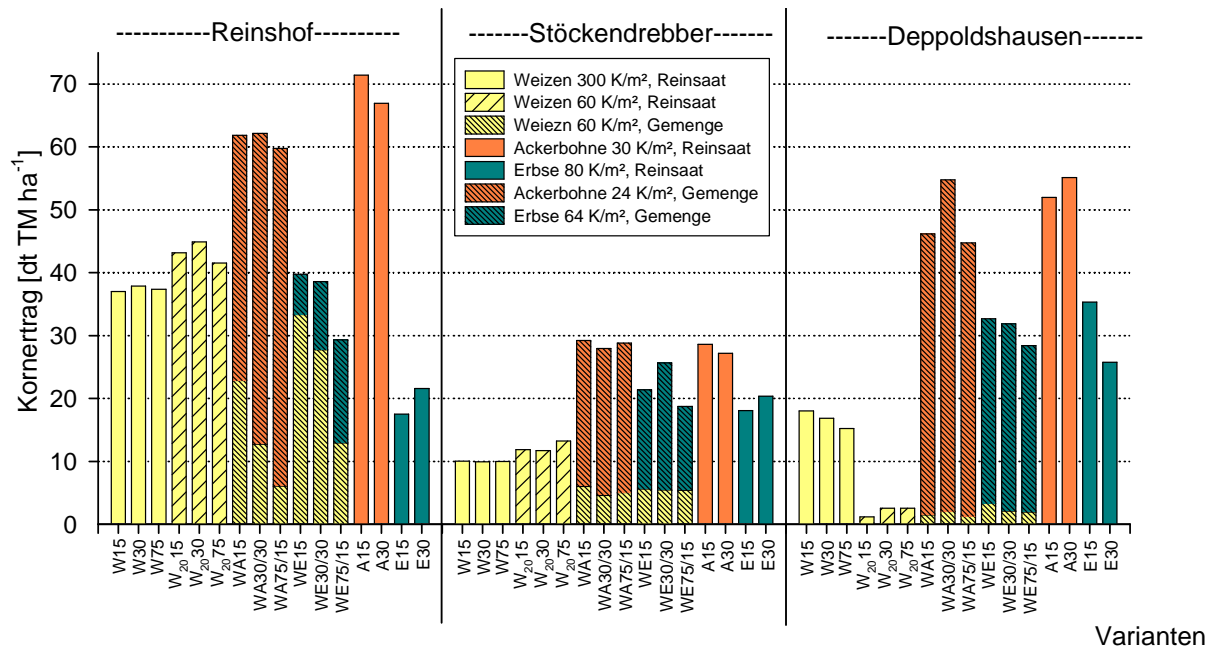


Abb. 1: Kornerträge aller Prüfglieder in Rein- und Gemengesaat an den Standorten Reinshof, Stöckendrepper und Deppoldshausen im Jahr 2004 (Varianten vgl. Tab. 1)

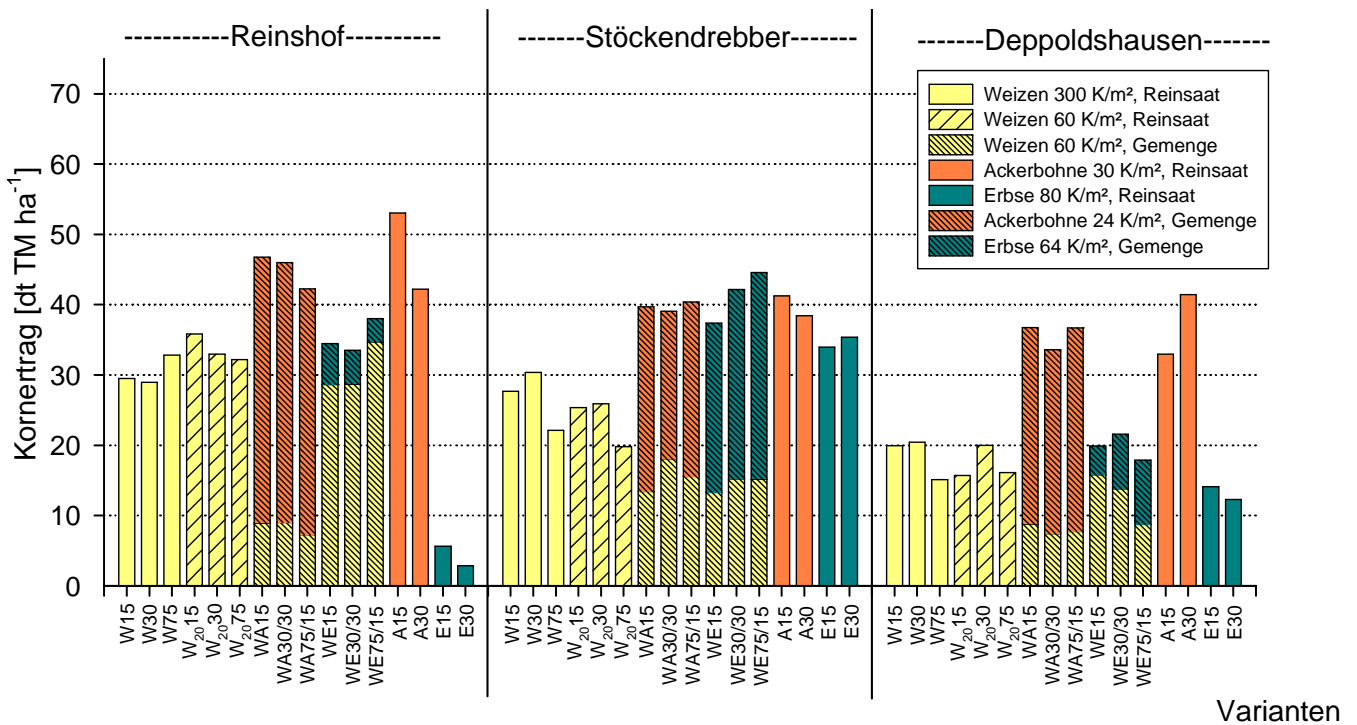


Abb. 2: Kornerträge aller Prüfglieder in Rein- und Gemengesaat an den Standorten Reinshof, Stöckendrepper und Deppoldshausen im Jahr 2005 (Varianten vgl. Tab. 1)

3.2 Qualität Weizen

Die Qualität des Weizens war in den Gemengen insbesondere mit der Winterackerbohne deutlich höher als in den Reinsaaten (Tab. 2). Die Konkurrenz mit der Ackerbohne war jedoch zum Teil zu hoch und führte zu kleinen Tausendkornmassen des Weizens. Mit der Erbse im Gemenge konnten ausreichende Qualitäten des Weizens bei geringeren Ertragseinbußen beim Weizen erzielt werden als im Gemenge mit der Ackerbohne.

Tab. 2: Qualitätsparameter des Weizens im Mittel der Reihenweiten über alle Standorte und Jahre

Parameter	Reinsaaten 100 %	Reinsaaten 20 %	Gemenge mit Ackerbohne	Gemenge mit Erbse
Rohprotein (%)	9,2	9,8	12,3	11,1
Feuchtkleber (%)	20,4	21,4	29,4	26,3
SDS-Sedi. (ml)*	63,5	68,0	76,5	69,7
MRMT ¹⁾ (ml je 100 g Mehl)	260,6	263,5	285,5	264,4
Fallzahl s ¹⁾	302,8	302,1	347,6	274,4

* SDS-Sedimentationswert, MRMT = Mikro-Rapid-Mix-Test = Backtest mit geringen Teigmengen; ¹⁾ durchgeführt mit Vollkornmehlen des Weizens

Die weiteren Reihenabstände des Weizens in Reinsaat sowie, insbesondere im Gemenge die Reihen-Streifen-Gemenge, zu höheren Qualitäten des Weizens (Tab. 3). Alle Untersuchungen wurden mit Vollkornmehlen durchgeführt. Aufgrund der Schalenanteile im Vollkornmehl fielen die hier ermittelten Sedimentationswerte sehr hoch und die Backvolumina sehr niedrig im Vergleich zu Test mit entsprechenden Auszugsmehlen des Typs 405 aus.

Tab. 3: Qualitätsparameter des Weizens im Mittel der Anbauformen über alle Standorte und Jahre

Parameter	15 cm Reihenabstand	30 cm Reihenabstand	75 cm Reihenabstand
Rohprotein (%)	10,2	10,3	10,9
Feuchtkleber (%)	23,3	23,8	25,8
SDS-Sedi. (ml)	67,1	68,3	72,9
MRMT ¹⁾ (ml je 100 g Mehl)	262,2	266,4	276,0
Fallzahl s ¹⁾	298,7	297,9	321,5

* SDS-Sedimentationswert, MRMT = Mikro-Rapid-Mix-Test = Backtest mit geringen Teigmengen; ¹⁾ durchgeführt mit Vollkornmehlen des Weizens

Ein Grund für eine bessere Backqualität des Weizens aus Gemengebau und hier insbesondere beim Anbau in einem Reihen-Streifen-Gemenge, war eine zeitliche (in Richtung Kornfüllungsphase) und räumliche (im Reihenzwischenraum unter den Leguminosen) Ver-

schiebung der Nutzung des mineralischen Stickstoffes im Boden. Dies zeigen die durchgeführten N_{\min} -Untersuchungen. Es wurde zudem in einigen Fällen festgestellt, dass bis zu 13, kg N/ha symbiotisch fixierter Stickstoff der Körnerleguminose im Gemenge zum Weizen transferiert und im Spross des Weizens eingelagert wurde. Dieser N-Transfer zum Weizen hat offenbar ebenfalls zur Qualitätssteigerung des Weizens aus Gemengebau beigetragen. In den Gemengen war darüber hinaus auch ein geringerer Weizenertrag im Vergleich zur Reinsaat zu verzeichnen, so dass im Gemenge für den Weizen je gebildeter Einheit Trockenmasse mehr Stickstoff zur Verfügung stand (Konzentrationseffekt). Die hohe Konkurrenz der Ackerbohne auf den Weizen hat zudem eine geringe Tausendkornmasse des Weizens hervorgerufen, so dass hier zusätzlich eine relative N-Anreicherung im Korn aufgrund geringer Stärkeeinlagerung erfolgt sein dürfte.

3.3 Vorfruchtwirkungen

Der Kornertrag des nachfolgenden Winterroggens war in der Regel nach den Leguminosenreinsaaten am höchsten: Im Mittel wurde ein Kornertrag von 33,0 dt TM/ha nach Erbse in Reinsaat und 31,0 dt TM/ha nach Ackerbohne in Reinsaat erzielt. Die Gemenge hatten aufgrund des relativ hohen Saatanteils der Leguminosen ebenfalls eine gute Vorfruchtwirkung auf den Roggen: Hier wurde ein Kornertrag des Roggens von im Mittel 30,0 dt TM/ha nach Erbse/Weizen und 28,5 dt TM/ha nach Ackerbohne/Weizen erreicht. Die geringsten Kornerträge des Roggens waren nach den Weizenreinsaaten mit im Mittel 25,1 dt TM/ha zu verzeichnen. Die Proteingehalte im Roggenkorn waren nicht durch die Vorfrucht beeinflusst worden.

3.4 Symbiotische N_2 -Fixierung, N-Transfer, N-Flächenbilanzsaldo

Bei der Ackerbohne in Reinsaat wurden zur Kornreife bis zu 279,5 kg N/ha symbiotisch fixierter Stickstoff im Spross gefunden. Gleichzeitig nahm die Winterackerbohne bis zu 167,6 kg N/ha aus dem Boden auf (Standort Reinshof im Jahr 2004). Die symbiotische N_2 -Fixierleistung der Erbse betrug bis zu 113,1 kg N/ha bei gleichzeitiger Aufnahme von bis zu 29,4 kg N/ha aus dem Boden (Standort Stöckendrebber im Jahr 2005). In den Gemengen waren die N-Menge im Spross der Leguminosen sowie die N-Menge aus der symbiotischen N_2 -Fixierleistung geringer als in Reinsaat. Hingegen war der Anteil Stickstoff aus der Luft im Spross der Leguminosen aus dem Gemenge in der Regel höher als in Reinsaat. Der Anteil Stickstoff aus der Luft im Spross der Ackerbohne betrug im Gemenge 97,8 % und in Reinsaat 83,7 %, bei der Erbse lagen die Anteile bei 97,4 % im Gemenge und 75,6 % in Reinsaat (Standort Reinshof im Jahr 2005). Hieraus wird ersichtlich, dass die Le-

guminosen im Gemenge durch die Konkurrenz des Weizens gezwungen wurden, einen höheren Anteil ihres Stickstoffbedarfes aus der symbiotischen N₂-Fixierung zu decken. Der vorhandene Stickstoff wird somit effizienter genutzt. Die absoluten Mengen an symbiotisch fixierten Stickstoffs und der N-Aufnahme aus dem Boden der Leguminose im Gemenge fielen allerdings geringer als in Reinsaat aus. Im Spross der Ackerbohne stammten maximal 238,1 kg N/ha aus der symbiotischen N₂-Fixierung und 46,7 kg N/ha aus dem Boden (Standort Reinshof im Jahr 2004). Bei der Erbse wurden maximal 88,8 kg N/ha aus der symbiotischen N₂-Fixierung und 13,0 kg N/ha aus dem Boden im Spross wieder gefunden (Standort Stöckendrebber im Jahr 2005). Tabelle 4 zeigt die mittlere symbiotische N₂-Fixierleistung und die N-Aufnahme aus dem Boden der Leguminosen, die zur Kornreife im Spross ermittelt wurde. Der Transfer symbiotisch fixierten Stickstoffs von den Leguminosen während des Wachstums zum Weizen war mittels ¹⁵N-Methoden nachweisbar. Im Jahr 2004 konnte am Reinshof in den Gemengen mit alternierenden Reihen bei der Ackerbohne ein N-Transfer in Höhe von 10,0 kg N/ha und bei der Erbse in Höhe von 13,0 kg N/ha ermittelt werden. Dies entsprach einem Anteil von 21,0 bzw. 22,0 % des Stickstoffes in der Weizensprossmasse.

Tab. 4: N-Ertrag im Spross (Korn + Stroh) der Leguminosen [kg N/ha] aus symbiotischer N₂-Fixierleistung und N-Aufnahme aus dem Boden im Mittel der Standorte und Jahre

	Ackerbohne Reinsaat	Ackerbohne Gemenge	Erbse Reinsaat	Erbse Gemenge
Boden-N	61,0	27,0	31,0	13,0
Luft-N	196,0	166,0	57,0	48,0
Gesamt-N	257,0	192,0	88,0	61,0

Die N-Flächenbilanzsalden der nicht mit Stickstoff gedüngten Bestände ergaben in der Regel ein N-Bilanzsalde in der Reihenfolge Leguminosenreinsaat > Gemenge > Weizenreinsaat. Im Mittel über die Reihenweiten, Standorten und Jahren wurden folgende N-Bilanzsalden ermittelt:

- Ackerbohne Reinsaat (+11,2 kg N/ha) > Gemenge Ackerbohne/Weizen (+0,2 kg N/ha) > Weizenreinsaat (-38,2 kg N/ha) sowie
- Erbse Reinsaat (-0,4 kg N/ha) > Gemenge Erbse/Weizen (-26,2 kg N/ha) > Weizenreinsaat (-38,2 kg N/ha).

3.5 Deckungsbeiträge

Folgende Annahmen wurden für die Berechnungen der Deckungsbeiträge getroffen: Die Verkaufspreise wurden nach Angaben der ZMP der Jahre 2005 und 2006 als lose Ware angenommen: Weizen zwischen 22,00 und 27,00 €/dt, Ackerbohne/Erbsen 22,00 bis 24,00 €/dt, Roggen 18,00 €/dt. Dazu wurden die sonstigen Leistungen addiert: 203,00 €/ha mittlere Flächenzahlung und die Beibehaltungsförderung von 137,00 €/ha. Bei den Kosten wurde auf KTBL-Daten (2006) zurückgegriffen. Im Gemenge ergibt sich neben der Reinigung ein zusätzlicher Bedarf für die Trennung in Höhe von 2,00 €/dt. Für die Unkrautregulierung wurden im Gemenge weniger Arbeitsgänge (Striegeln; Hacken) unterstellt.

Tabelle 5 zeigt die Deckungsbeiträge der Anbauformen am Beispiel eines Standortes mit schweren und leichten Bodens. Die Ackerbohngemenge kamen auf dem schweren Boden (Standort Reinshof im Jahr 2004) auf den höchsten Deckungsbeitrag. Auf sehr leichtem Boden (Standort Stöckendrebber im Jahr 2004) erbrachten die Gemenge mit Erbse den höchsten Deckungsbeitrag. Innerhalb der Ackerbohngemenge konnte keine Variante als die Beste herausgearbeitet werde. Bei den Erbsengemengen war an den Standorten Reinshof und Stöckendrebber im Jahr 2004 und 2005 immer die Mischsaat von Vorteil, während es am Standort Deppoldshausen stets die Variante mit alternierenden Reihen war. Neben den Anbau einer Fruchtart bzw. Fruchtartengemenges bezogenen Deckungsbeitrag wurde in die Bewertung der Bestände der Vorfrucht wert zu Winterroggen mit einbezogen und ein Gesamtdeckungsbeitrag über den Anbau von zwei Früchten (Vor- und Nachfrucht) anhand der ermittelten Ertragsleistungen der Früchte in den Versuchen ermittelt. Es zeigte sich, dass die Leguminosen und die Gemenge mit Leguminosen aufgrund der besseren Vorfruchtwirkung zum Roggen im Vorteil waren (Tab. 5).

Tab. 5: Deckungsbeiträge der Anbauform (DB) sowie über zwei Früchte (Anbauform + Nachfrucht Winterroggen, DB FF) in €/ha am Beispiel eines Standortes mit schwerem Boden (Standort Reinsfof (REI) im Jahr 2004) und eines Standortes mit leichtem Boden (Standort Stöckendrebber (STÖ) im Jahr 2004)

	Standort	Weizen Reinsaat	Ackerbohne/ Weizen Gemenge	Erbse/ Weizen Gemenge	Ackerbohne Reinsaat	Erbse Reinsaat
DB	schwer	+763.95	+964.73	+565.01	+661.81	+126.50
	leicht	+113.27	+335.78	+363.42	+273.47	+328.02
DB FF	schwer	+1126.03	+1488.25	+1130.57	+1219.35	+648.71
	leicht	+495.68	+879.62	+949.30	+851.34	+870.56

Bei den Reinsaat der Erbse konnte im Mittel ein geringer Deckungsbeitrag des ersten Jahres über eine höhere Vorfruchtwirkung teilweise ausgeglichen werden. Innerhalb der Gemenge resultierte der beste Deckungsbeitrag bei den Ackerbohngemengen aus dem Anbau von Reihen-Streifen-Gemengen und bei den Erbsengemengen die alternierenden Reihen.

3.6 Ökologische Leistungen (Schädlinge, Krankheiten, Lager)

Stetig steigende Anbauflächen der Körnererbsen in Deutschland führen zu höherem Auftreten einiger Leguminosenschädlinge wie z. B. dem Erbsenwickler (*Cydia nigricana* F.). Die im Rahmen des Forschungsvorhabens durchgeführten Untersuchungen zeigten keine Unterschiede zwischen dem Anbau der Erbse in Reinsaat und Gemenge aus Erbse und Weizen. Es wurden nachstehende Parameter geprüft: Zuflug des Erbsenwicklers ermittelt über Pheromonlockstofffallen (Bild 5 im Anhang), Anteil vom Erbsenwickler befallene Hülsen und vom Erbsenwickler beschädigte Körner sowie Ertragsverlust durch Fraß der Larve des Erbsenwicklers am Korn.

Pilzliche Krankheitserreger wie z. B. *Fusarium* ssp. werden unter anderem durch Regenspritzer verbreitet und gelangen so über die einzelnen Blättertaggen zur Ähre. Der Abstand des Fahnenblattes zur Ähre kann möglicherweise bei der Verbreitung von Bedeutung sein. So wurde ein größerer Abstand zwischen Fahnenblatt und Ähre des Weizens mit im Mittel 2,3 cm im Vergleich zu den Weizenreinsaat im Gemenge mit der Ackerbohne festgestellt. Im Gemenge mit der Erbse wies der Weizen gleich hohe Abstände zwischen Fahnenblatt und Ähre auf.

Erbsen können beim Anbau in Reinsaat sehr stark ins Lager gehen. Dies führt zu einem verstärkten Wachstum der Unkräuter in der Abreife und erschwert zum anderen die Beerntung der Erbsen. Im Gemenge mit Getreide kann die Erbse sich am Gemengepartner abstützen oder sich sogar mit den Ranken festhalten (Bild 6 im Anhang). Ein deutliches Lagern der Erbse trat in den hier geprüften Gemengen nicht auf. Dabei konnte sich die Erbse am besten in Mischsaat vor einem Lager schützen, während sich die Erbse in den Reihen-Streifen-Gemengen weniger gut aufrecht halten konnte (Abb. 3).

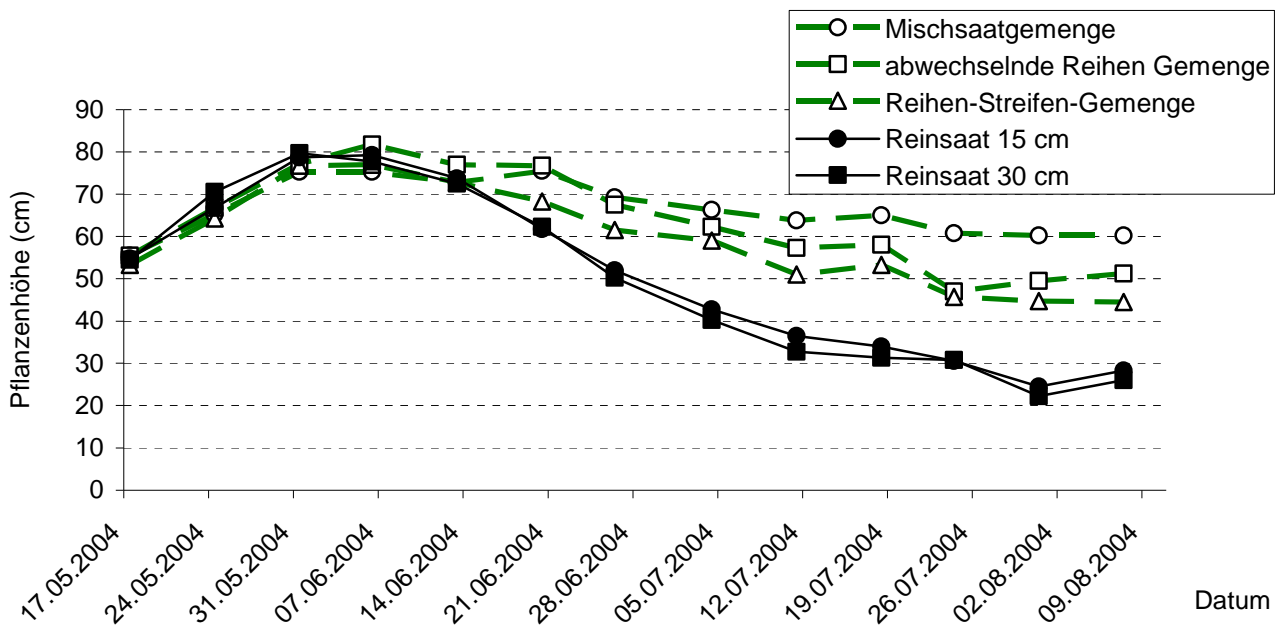


Abb. 3: Bestandeshöhe der Erbsen in Rein- und Gemengesaat am Beispiel des Standortes Stöckendrebber im Jahr 2004

4 Empfehlungen für die Praxis

Eine Reihe an Vorteilen können zum Anbau von Winterweizen im Gemenge mit einer Winterform der Ackerbohne und Erbse genannt werden:

- bessere Ausnutzung vorhandener Wachstumsfaktoren
- effizientere Nutzung des N_{\min} -Vorrates im Boden zur Qualitätssteigerung des Weizens in Kornfüllungsphase
- höhere Proteingehalte und Kornqualitäten beim Weizen
- Erweiterung der Fruchtfolge durch Anbau von Winterkörnerleguminosen
- frühere Reife der Winterkörnerleguminosen im Vergleich zu deren Sommerformen (ein bis zwei Wochen)
- Transfer symbiotisch fixierten Stickstoffs zum Weizen möglich
- verbesserte Unkrautunterdrückung
- kein Lager der Erbse in Mischsaat
- längerer Abstand zwischen Fahnenblatt und Ähre des Weizens (Gefahr des Krankheitsbefalls kann sinken)
- höhere Deckungsbeiträge möglich
- hohe Vorfruchtwirkung

Dennoch bestehen einige Schwierigkeit beim Anbau der Winterformen der Ackerbohne und Erbse: Die bunt blühende, taninhaltige Ackerbohnen-sorten Hiverna ist derzeit die einzige zugelassene Winterackerbohne. Die Erbsensorte Cheyenne eine halbblattlose, weiß blühende Körnererbse war für das Gemenge mit Weizen im Versuch gut geeignet (Bild 4 im Anhang). Die neu zugelassene Sorte EFB 33 ist aufgrund ihres starken Wuchses (vollbeblätterte Sorte) nicht für Druschgemenge sondern eher für Gemenge oder in Reinsaat zur Biomasseerzeugung zu empfehlen. Im Gemenge (z.B. mit Winterroggen) muss die EFB 33 mit deutlich geringeren Saatstärken angebaut werden (ca. 40 kg/ha + 60 kg/ha Roggen). Die Sorten Hiverna und Cheyenne sind für einen Anbau in Deutschland nicht ausreichend winterhart, so dass sie bei starken Frösten im Winter auswintern können. Die Ackerbohnen-sorten Hiverna kann stark bestocken, wenn der Haupttrieb abfriert. Deshalb sollte in einigen Fällen eine niedrigere Saatstärke als angegeben gewählt werden. Die hier geprüften Sorten der Winterkörnerleguminosen blühen und reifen ungleichmäßig von unten nach oben ab, so dass nicht in jedem Fall ein synchroner Verlauf der Reife beim Winterweizen und den geprüften Körnerleguminosen zu verzeichnen ist.

Saatstärke und Reihenweite müssen an den Standort und die vorhandene Technik betriebsspezifisch angepasst werden. Hinweise hierzu finden sich im Anbautelegramm (Tab. 6). Um dem Problem der Entmischung der Arten im Saatgutbehälter entgegenzuwirken, dem Anspruch der Arten an unterschiedliche Ablagetiefen gerecht zu werden und möglicherweise neue Gemengeformen (abwechselnde Reihen, Reihe-Streifen-Gemenge) auszuprobieren, sollte die Etablierung der Gemenge mit geeigneter Sätechnik durchgeführt werden. Praxisreife Lösungen zum Umbau von Sämaschinen bei nur einer Überfahrt gibt es bereits (Bild 7 im Anhang). Aber auch mit einer üblichen Drillmaschine kann durch doppelte Überfahrt dieses Ziel erreicht werden. Mit der Erbse ist zudem eine gemeinsame Aussaat möglich.

Bei einem gemeinsamen Drusch der Arten muss der Aufwand für die Trennung berücksichtigt werden. Im Vergleich zur Erbsenreinsaat bei starkem Lager, hohen Trocknungskosten oder Totalausfall lohnt sich der Gemengeanbau dennoch. Die ganzen Körner der Leguminosen lassen sich auf einer einfachen Schüttelsiebreinigung problemlos für eine Verwendung als Futterware herausreinigen. Beim Weizen ist mit Bruchstücken aufgrund der ungleichmäßigen Abreife der Körnerleguminosen zu rechnen, die sich mitunter nicht so leicht herausreinigen lassen.

Tab. 6: Anbautelegramm Gemenge

	Winterackerbohne/ Winterweizen	Wintererbse/ Winterweizen
Standort	gute Wasserführung, lehmig-tonige Böden, ab 50 BP	leichte bis mittlere Böden, sandig bis lehmiger Sand, < 50 BP
Vorfrucht	Nichtleguminose z.B. Getreide	Nichtleguminose z.B. Getreide
Nachfrucht	Winterroggen oder -triticale	Winterroggen oder -triticale
Aussaat	01. bis 25. Oktober	20. Oktober bis 10. November
Saattiefe	8 cm (AB), 3 cm (W)*	5 cm (E), 3 cm (W)
Saatstärke	ca. 30 K/m ² (AB) + 150 K/m ² (W) ca. 150 kg/ha (AB) + 65 kg/ha (W)	ca. 80 K/m ² (E) + 100 K/m ² (W) ca. 165 kg/ha (E) + 45 kg/ha (W)
TKM der Leguminosen	ca. 485 g	ca. 180 bis 210 g
Saattechnik	wenn möglich getrennt in zwei Säkästen oder zwei Überfahrten	gemeinsame Aussaat möglich
Sorten	zurzeit nur: Hiverna	halbblattlose Körnererbsen aus Frankreich (Cheyenne) oder England
Gemengeform/ Reihenweite	weiterer Reihenabstand des Weizens je nach verfügbarer Technik 40 bis 50 cm, dazwischen 2 bis 3 Reihen AB	Mischsaat mit Mischung im Saatgutbehälter möglich oder abwechselnde Reihen
Bestandesführung	keine Unkrautregulierung nötig, Läuse und Blattkrankheiten der AB möglich	keine Unkrautregulierung nötig, Erbsenwicklerbefall auch im Gemenge, Läuse möglich
Ernte	gemeinsamer Drusch	gemeinsamer Drusch
Trennung	AB-Bruchstücke im Weizen, Trommelsiebreinigung möglich	Schüttelsieb möglich, weniger Bruchstücke der Erbse im Weizen
Nutzung	Korngut: Backweizen, Futterackerbohne	Korngut: Backweizen, Futtererbse
Ertrag im Vergleich zur jeweiligen Reinsaat	39 % W + 79 % AB	61 % W + 65 % E
Qualitätsverbesserung Weizen im Vergleich zu den Reinsaat	+1,1 bis +10,5 Prozentpunkte Protein +10,5 bis +37,4 Prozentpunkte Feuchtkleber +6,0 bis +55,5 ml SDS-Sedi. +24,0 bis 139,0 ml je 100 g Vollkornmehl Backvolumen (MRMT) +10,5 bis 374,0 s Fallzahl	+0,3 bis +7,3 Prozentpunkte Protein +5,0 bis +33,1 Prozentpunkte Feuchtkleber 0,0 bis +41,0 ml SDS-Sedi. +16,0 bis 124,0 ml je 100 g Vollkornmehl Backvolumen (MRMT) +1,3 bis 364,0 s Fallzahl
Deckungsbeitrag #	+13,57 bis +393,77 €/ha (W); -243,04 bis +231,22 €/ha (AB)	-392,87 bis +361,32 €/ha (W); -57,54 bis +691,98 €/ha (E)
Deckungsbeitrag über zwei Fruchtfolgefelder#	+147,40 bis +538,08 €/ha (W); -8,31 bis -758,94 €/ha (AB)	-285,34 bis +876,55 €/ha (W); +6,78 bis +523,87 €/ha (E)

* W = Weizen, AB = Ackerbohne, E = Erbse; # Differenz zu den Reinsaat

5 Zusammenfassung

Im Gemengeanbau aus Winterweizen mit Winterkörnerleguminosen sind höhere Kornqualitäten des Weizens zu erzielen. Dabei ist mit Kornertragsverlusten der einzelnen Arten im Gemenge zu rechnen. Dennoch sind im Gemengeanbau in der Summe höhere Deckungsbeiträge möglich. Entscheidend für das Gelingen der Mischung sind die standortspezifische Wahl des Gemengepartners sowie die Höhe der Aussaatstärke. Über die Wahl der Gemengeanbauformen (Mischsaat, abwechselnde Reihen, Reihen-Streifen-Gemenge) kann für jeden Betrieb eine an den Standort und die vorhandene Technik angepasste Lösung gefunden werden. Die Nutzung des mineralischen Stickstoffs im Boden (N_{\min}) durch den Weizen kann über die Reihenweite im Gemenge zeitlich und räumlich verschoben werden und so zur Qualitätsverbesserung des Weizens beitragen. Die Konkurrenz auf den Weizen darf nicht zu hoch sein, damit die Körner ausreichend gefüllt werden. Die Winterackerbohne und –erbse müssen hinsichtlich Winterfestigkeit, Gehalt an antinutritiven Substanzen und gleichmäßiger Abreife weiter züchterisch verbessert werden. Schwierigkeiten gibt es derzeit bei der Aussaat und Ernte sowie Trennung von Körnerleguminosen-Getreide-Gemengen.

6 Weiterführende Literatur

- HOF, C & R. RAUBER, 2003: Anbau von Gemengen im ökologischen Landbau. Broschüre erstellt im Bundesprogramm Ökologischer Landbau, Göttingen & Bonn. ISBN: 3-00-011733-4.
- HOF-KAUTZ, C. & K. SCHMIDTKE, 2007: Erzeugung von Weizen hoher Backqualität durch Gemengeanbau mit Winterackerbohne und Wintererbse im ökologischen Landbau. Abschlussbericht des Projektes BLE 03OE050. Zu beziehen bei den Autoren oder unter <http://orgprints.org>

7 Bilder



W15



W30



W75

W₂₀15W₂₀30W₂₀75

Bild 1: Weizenreinsaatvarianten: W15 = 300 Körner/m², 15 cm Reihenabstand, W30 = 300 Körner/m², 30 cm Reihenabstand, W75 = 300 Körner/m², 75 cm Reihenabstand, W₂₀15 = 60 Körner/m² (20 %), 15 cm Reihenabstand, W₂₀30 = 60 Körner/m² (20 %), 30 cm Reihenabstand, W₂₀75 = 60 Körner/m², 75 cm Reihenabstand



WA15



WA30/30



WA75/15



WE15



WE30/30



WE75/15

Bild 2: Gemenge: WA15 = 60 Körner/m² Weizen + 24 Körner/m² Ackerbohne, 15 cm Reihenabstand, WA30/30 = 60 Körner/m² Weizen + 24 Körner/m² Ackerbohne, 30 cm Reihenabstand, WA75/15 = 60 Körner/m² Weizen + 24 Körner/m² Ackerbohne, 75 cm Reihenabstand Weizen, 15 cm Reihenabstand Ackerbohne, : WE15 = 60 Körner/m² Weizen + 64 Körner/m² Erbse, 15 cm Reihenabstand, WE30/30 = 60 Körner/m² Weizen + 64 K/m² Erbse, 30 cm Reihenabstand, WE75/15 = 60 K/m² Weizen + 64 Körner/m² Erbse, 75 cm Reihenabstand Weizen, 15 cm Reihenabstand Erbse

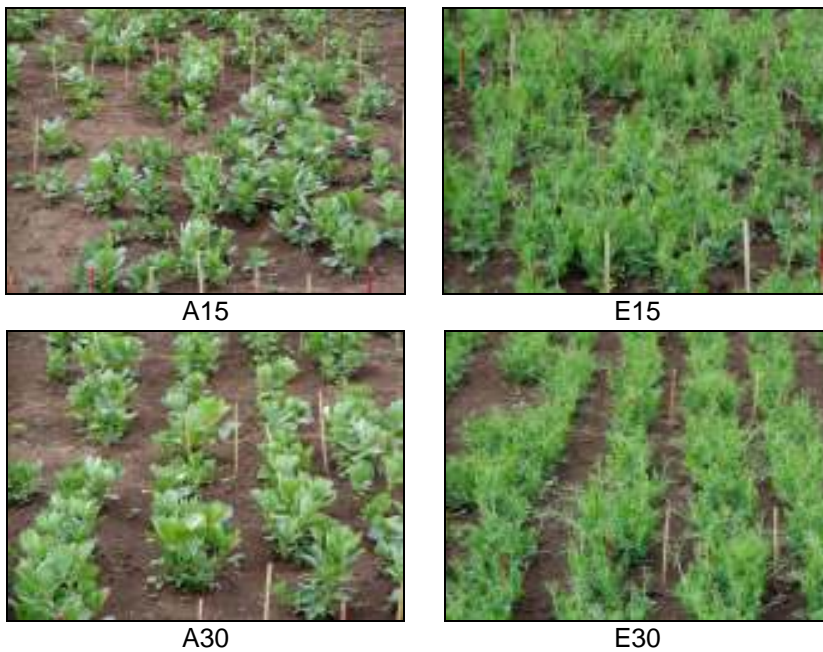


Bild 3: Leguminosenreinsaaten: A15 = Ackerbohne 30 Körner/m², 15 cm Reihenabstand, A30 = Ackerbohne 30 Körner/m², 30 cm Reihenabstand, E15 = Erbse 80 Körner/m², 15 cm Reihenabstand, E30 = Erbse 80 Körner/m², 30 cm Reihenabstand



Bild 4: Weiß blühende halblattlose Wintererbsensorte „Cheyenne“, bunt blühende Winterackerbohnenart „Hiverna“



Bild 5: Monitoring des Erbsenwicklerzufluges mittel Phoromonleimfallen, Schaden des Erbsenwicklers *Cydia nigricana* F. (rechts, Quelle: http://www.landwirtschaft.sachsen.de/de/wu/organisation/untere_behoerden/landwirtschaft/roetha/inhalt_re_943_1291.html, Datum: 24.06.2004)



Bild 6: Lager der Erbse in Reinsaat (links), Ranken der Erbse halten sich im Gemenge am Weizen fest (rechts)



Bild 7: Zwei baugleiche mechanische Drillmaschinen für die Aussaat von Gemengen mit unterschiedlichen Verteilungsmustern (abwechselnde Reihen, Reihen-Streifen-Gemenge), unterstützt durch die Firma Amazone



Bild 8: Unkrautregulierung mit einer Rollhacke (links), N_{min}-Probenahme (rechts)



Bild 9: N_{min}-Probenahmeorte

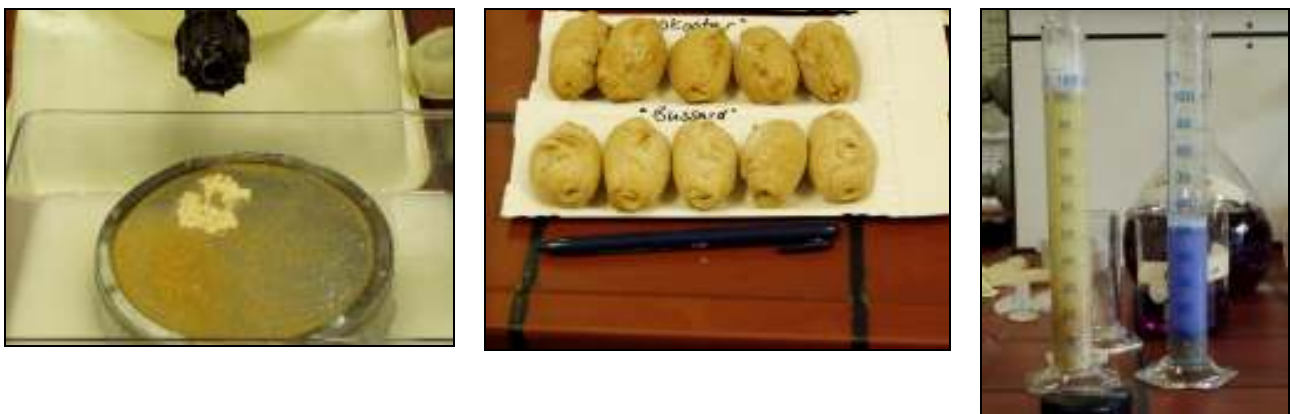


Bild 10: Qualitätsuntersuchungen beim Winterweizen: Feuchtkleber (links), Mikro-Rapid-Mix-Test (Mitte) und SDS-Sedimentationswert (rechts)