

Gründüngung im ökologischen Landbau in Form von Leguminosen-Untersaaten mit Getreide- Deckfrucht unter pannonischen Klimabedingungen

**eingereicht von
Brigitte Zemann**

**Betreuer:
a.-o. Univ.- Prof. Dipl.- Ing. Dr. Jürgen K.Friedel**

Institut für Ökologischen Landbau
Universität für Bodenkultur, Wien

Wien, im Februar 2012

Brigitte Zemann

9040816

h 890

Landwirtschaft

Tel.- Nr.: 43/01/4844722

02617/3203

brigitte.zemann@aon.at

Danksagung

Meinen aufrichtigen Dank möchte ich an erster Stelle an Herrn Univ. Prof. Dipl.-Agr. Biol. Dr. Ing. Bernhard Freyer richten, der mir diese Arbeit ermöglicht hat. Gleichmaßen möchte ich mich bei meinem Betreuer Herrn Prof. Dipl. Ing. Dr. Jürgen Friedel bedanken, der mir mit großer Geduld, Aufmerksamkeit und Rat und Tat zur Seite stand. Weiters schulde ich auch Herrn Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. tech. H. Wagentristl, den Leiter der BOKU-Versuchswirtschaft in Groß Enzersdorf, großen Dank. Er hat das Thema dieser Arbeit vorgeschlagen und in weiterer Folge meine Arbeiten in Groß-Enzersdorf und Raasdorf wohlwollend unterstützt. Vielen Dank auch Herrn Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. tech. W. Loiskandl, der mir die FDR-Sonde zur Messung der Bodenfeuchte zur Verfügung stellte. Herzlich möchte ich mich auch bei den vielen „Helferlein“ in der Versuchswirtschaft bedanken, die mir im Labor und bei den Feldarbeiten zur Seite standen. Dank gebührt auch meinen Kindern, die wohlwollend Rücksicht gegenüber meinen Ambitionen übten. An letzter Stelle, aber mit dem größten „Dankeschön“, wende ich mich an meinen Ehemann, der nicht nur bei meiner Arbeiten am Feld aushalf, als ich Unfall bedingt nur einen Arm zur Verfügung hatte, sondern auch nach so mancher lebhaften Diskussion die Form meiner schriftlichen Arbeit beeinflusste und der zu guterletzt meinen fast endlosen Kampf gegen die Tücken der Computertechnik zu meinen Gunsten ausgehen ließ.

Wien, 2012.02.08

Inhaltsverzeichnis

Danksagung.....	2
1. Einleitung.....	6
1.1. Frage- und Problemstellung.....	7
1.2. Ziele.....	8
1.3. Arbeitshypothesen.....	9
2. Literatur - Stand der Forschung.....	10
2.1. Aufbau und Funktion von Rhizobien	10
2.1.1. Hauptkreuzinokulationsgruppen der Proteobakterien:.....	10
2.1.2. Der Infektionsvorgang.....	10
2.1.3. Die Stickstofffixierung.....	12
2.2. Untersaaten.....	13
2.2.1. Geschichte und Entwicklung.....	13
2.2.2. Voraussetzungen für das Gelingen von Untersaaten.....	14
2.2.3. Wurzelsysteme.....	14
2.2.4. Versuchs-Ergebnisse von Gründungs-Varianten.....	15
2.2.5. 3-jähriger Untersaat-Versuch am Standort Fuchsenbigl, NÖ	15
2.2.6. Artenvergleiche von Leguminosen im pannonischen Klima	16
3. Material und Methoden.....	18
3.1. Standort.....	18
3.2. Klima und Witterungsverlauf.....	18
3.3. Boden.....	19
3.4. Prüffaktoren und Versuchsvarianten.....	19
3.4.1. Prüffaktoren:.....	20
3.4.2. Erhobene Parameter:.....	20
3.4.3. Versuchsdesign.....	21
3.4.3.1. Parzellenplan 1.....	22
3.4.3.2. Parzellenplan 2.....	23
3.4.4. Kulturarten.....	24
3.4.4.1. LUZERNE (<i>Medicago sativa</i>)	24
3.4.4.2. WEISSER STEINKLEE (<i>Melilotus alba</i>).....	26
3.4.4.3. WUNDKLEE (<i>Anthyllis vulneraria</i>)	28
3.4.4.4. WEISSKLEE (<i>Trifolium repens</i> L.).....	30
3.4.4.5. GRASMISCHUNG:.....	32
3.4.4.6. ZWISCHENFRUCHT – GEMENGE.....	33
3.4.5. Übersicht der Arbeitstermine am Feld.....	35
3.4.6. Saatgut- und Bodenvorbereitung.....	35
3.4.6.1. Prüfung der Keimfähigkeit.....	35
3.4.6.2. Aussaatmengen-Berechnung.....	37
3.4.6.3. Bodenvorbereitung und Aussaat.....	38
3.4.7. Bonituren	38
3.4.7.1. Wuchshöhe.....	38
3.4.7.2. Bodenbedeckung.....	38
3.4.7.3. Beikraut.....	38
3.4.7.4. Vitalität.....	39

3.4.8.	Bestimmung von Frisch- und Trockenmasse.....	39
3.4.8.1.	Frisch- und Trockenmasse-Bestimmung des Aufwuchses.....	39
3.4.8.2.	Frisch und Trockenmasse - Bestimmung der Wurzelmenge.....	39
3.4.9.	Bestimmung der Stickstoff-Fixierleistung der Leguminosen.....	40
3.4.9.1.	Bestimmung des Nmin	40
3.4.9.2.	Bestimmung des Stickstoffgehaltes aller Pflanzenteile.....	41
3.4.9.3.	Bestimmung des bodenbürtigen Stickstoffs in den Pflanzen.....	41
3.4.9.4.	Bestimmung der biologischen Stickstoff-Fixierung	41
3.4.10.	Bestimmung der Stickstoff – Flächenbilanz.....	42
3.4.11.	Bodenfeuchte-Messungen mittels FDR-Sonde.....	42
3.4.12.	Praktiker-Befragung.....	43
3.4.13.	Statistische Auswertung der Feldversuche.....	45
4.	Ergebnisse.....	46
4.1.	Auswertung der Praktiker-Befragung	46
4.2.	Bodenfeuchte-Messungen (Bereich Winterroggen).....	50
4.3.	Boden-Stickstoffgehalt (Nmin).....	54
4.3.1.	Nmin im Bereich Winterroggen (Probenahme 03.2002).....	54
4.3.2.	Nmin im Bereich Winterroggen (Probenahme 09.2002).....	55
4.4.	Bonituren von Untersaaten und Zwischenfrucht.....	57
4.4.1.	Mittelwert-Mehrfachvergleiche der Bonituren.....	62
4.4.2.	Abbildungen zur Untersaaten-Bonitur.....	63
4.5.	Frisch- und Trockenmassen-Erträge (Bereich Winterroggen).....	66
4.5.1.	Aufwuchs-Vergleiche der Blocks 1 bis 4	66
4.5.2.	Erträge der Deckfrucht Winterroggen (Probenahme 07.2002).....	67
4.5.3.	Erträge der Untersaat-Varianten (Probenahme 07.2002).....	69
4.5.4.	Erträge der Untersaat-Varianten (Probenahme 09.2002).....	70
4.5.5.	Wurzelmassen (Probenahme 09.2002).....	71
4.5.6.	Beikraut (Probenahme 07.2002).....	72
4.5.7.	Beikraut (Probenahme 09.2002).....	73
4.6.	Stickstoffertrag (Bereich Winterroggen).....	74
4.6.1.	Stickstoffertrag (Deckfrucht)	74
4.6.2.	Stickstoffertrag (Untersaaten und Zwischenfrucht)	75
4.6.3.	Stickstoffertrag (Wurzelmasse)	76
4.6.4.	Stickstoffertrag (Biomasse gesamt).....	78
4.6.5.	Bodenbürtiger Stickstoff	79
4.6.6.	Schätzung der biologischen Stickstoff-Fixierung.....	79
4.6.7.	Stickstoff – Flächenbilanz.....	80
4.7.	Frisch- und Trockenmassen-Erträge (Bereich Winterweizen).....	82
4.7.1.	Aufwuchs-Vergleiche der Blocks 5 bis 8	82
4.7.2.	Erträge der Deckfrucht Winterweizen (Probenahme 07.2002)	84
4.7.3.	Erträge der Untersaat-Varianten (Probenahme 07.2002)	85
4.7.4.	Erträge der Untersaat-Varianten (Probenahme 09.2002).....	85
4.7.5.	Beikraut (Probenahme 07.2002).....	87
4.7.6.	Beikraut (Probenahme 09.2002).....	87
5.	Diskussion.....	89
5.1.	Wahl geeigneter Leguminosenarten	89
5.2.	Nmin im Boden.....	89
5.3.	Bodenfeuchte - Messungen.....	90
5.4.	Bonituren.....	90

5.5.	Aufwuchs im Bereich Winterroggen (Probenahme Juli 2002).....	91
5.5.1.	Stickstoff-Erträge Winterroggen.....	94
5.6.	Aufwuchs- und Stickstoff-Erträge, Bereich Winterroggen, (Probenahme September 2002).....	94
5.7.	Stickstoff-Flächenbilanz.....	96
5.8.	Aufwuchs im Bereich Winterweizen (Probenahme Juli 2002)	97
5.9.	Arbeitshypothesen	99
6.	Zusammenfassung.....	101
7.	Summary.....	103
8.	Schlussfolgerungen.....	105
	Quellenverzeichnis.....	106
	Abbildungsverzeichnis.....	112
	Tabellenverzeichnis.....	114

1. Einleitung

Die Versorgung landwirtschaftlich genutzter Böden mit bedarfsgerechten Mengen an pflanzenverfügbarem Stickstoff ist in der ökologischen Landwirtschaft strengen Regeln unterworfen. Vieh haltende Betriebe haben die Möglichkeit, zumindest einen Teil des Stickstoffbedarfs mit Hilfe des internen Teilkreislaufs der Nährstoffe abzudecken. Nährstoffverluste durch Verkäufe können durch den Zukauf von Futtermitteln weitgehend ersetzt werden (Kahnt, 1986: 48). Es gibt jedoch ökologisch geführte Betriebe, die aus unterschiedlichen Gründen ohne Viehhaltung wirtschaften (Schmidt, 2004). Ihnen ist die Möglichkeit gegeben, durch den Anbau von Leguminosen und deren Fähigkeit, Luftstickstoff mit Hilfe von Rhizobien zu binden, für die Stickstoff-Anreicherung ihrer Ackerböden zu sorgen. Man spricht in diesem Fall von „Gründüngung“.

Die düngende Wirkung von Leguminosen wurde schon im Altertum erkannt (Cato, d. Ä., 234 -149 v. Chr.; Plinius d. Ä. 23 – 79 n. Chr.) Diese Möglichkeit der Düngung wurde in späterer Zeit größtenteils vergessen oder nur vereinzelt genutzt (Hildegard v. Bingen, 1098 – 1179, Lupinenanbau im Klostergarten; Friedrich d. Große: Anordnung von Anbauversuchen mit italienischen Lupinen, 1781). Erst im 19. Jahrhundert wurden die düngenden und bodenverbessernden Eigenschaften näher untersucht (Wulffen, 1828). Albert Schultz-Lupitz befasste sich auf seinem Gut Lupitz in den Jahren 1855 bis 1865 intensiv mit dem Thema der Düngung und Bodenverbesserung mit Hilfe von Lupinen. Später erkannte er durch Beobachtung und Versuche die Fähigkeit der Leguminosen zur Luftstickstoff-Bindung. Der russische Botaniker Michail Stepanowich Woronin berichtete 1866 über seine Entdeckung von Bakterien im Inneren der Knöllchen von Lupinen- und Erlenwurzeln. Er prägte den Begriff „Knöllchenbakterien“. Die Agrochemiker Dr. Hermann Hellriegel und Dr. Hermann Wilfarth entdeckten schließlich 1886 die Ursache der Leguminosen-Eigenschaft, Luftstickstoff zu binden. 1888 veröffentlichten sie in Berlin die Ergebnisse ihrer Arbeit über die Symbiose zwischen Schmetterlingsblütlern und Stickstoff fixierenden Bakterien (Hellriegel und Wilfarth, 1888).

In den folgenden Jahren wurde die symbiotische Verbindung zwischen diesen Bakterien, den Rhizobien, und ihren Wirtspflanzen eingehend untersucht und ihre Wechselbeziehungen zu bestimmten Pflanzen offengelegt (Schlegel, et al. 2007, 574ff). Für sich allein und unter normalen Bedingungen können weder Leguminosen noch Knöllchenbakterien Luftstickstoff binden. Soweit bisher bekannt, ist auch kein eukaryontisches Lebewesen zu dieser biochemischen Leistung fähig.

Neben der Aufgabe Luftstickstoff zu binden, hat die Gründüngung noch weitere wichtige Funktionen. Sie beschattet den Boden und schützt vor Erosion. Sie durchwurzelt und lockert ihn bis in tiefe Regionen und kann dadurch einer möglichen Nitratauswaschung entgegenwirken. Sie fördert die Humusanreicherung und das Wachstum wichtiger Bodenorganismen. Es kommt in der Folge zur Bildung einer stabilen und gut durchlüfteten Ackerkrume mit hohem Wasserhaltevermögen. Unerwünschte Ackerbeikräuter werden in ihrer Entwicklung behindert. Auch phytosanitäre Ziele (z. B. Nematodenreduktion) können durch geeignete Gründüngungskulturen erreicht werden. (Freyer, 2003: 29; Herrmann und Plakolm, 1991:151; Kahnt 1983: 46,103,108;1986: 147; Koepf et al, 1996; Preuschen und Bernath, 1983: 47).

Der ökologisch wirtschaftende Landwirt wird aus diesem Grunde ausreichend Gründüngung in seine Fruchtfolgepläne integrieren. Diese kann in Form einer Untersaat in eine Hauptfrucht, als Zwischenfrucht (Stoppelsaat) zwischen zwei Hauptfrüchten oder als ein- bis mehrjähriger Bestand erfolgen. Zur Auswahl stehen Leguminosen als Reinsaat, im Gemenge mit anderen Leguminosen oder als Gemisch mit anderen Pflanzenfamilien, z. B. Poaceen (Schmidt, 2004).

1.1. Frage- und Problemstellung

Im pannonischem Klima des Ostens Österreichs überwiegen viehlose oder vieharme Ackerbaubetriebe mit dominierendem Getreidebau (Feichtinger, 1995). Das Klima ist geprägt durch heiße, niederschlagsarme Sommer mit ausgeprägten Trockenperioden, geringer Luftfeuchte und ständigem Windeinfluss. Die Winter sind im allgemeinen schneearm (Wagentristl, 2000).

Ein limitierender Faktor für den Getreidebau ist hier das pflanzenverfügbare Wasser. Um die sommerliche Trockenperiode zu umgehen, kann die Aussaat der Gründüngung bereits im Frühjahr zwischen die Zeilen des aufwachsenden Wintergetreides als „Untersaat“ durchgeführt werden. Auf diese Weise wird der Wassermangel im Hochsommer, zur Zeit der Aussaat einer Zwischenfrucht nach der Getreideernte, vermieden. Zudem wird die sommerliche Arbeitsspitze entlastet (Kahnt, 1983: 39; Renius-Lütke Entrup, 1985: 67).

Um optimale Stickstoff-Fixierung durch Leguminosen zu erreichen, ist die sorgfältige Wahl der für den jeweiligen Standort geeigneten Leguminosenarten Voraussetzung. Ihre unterschiedlichen Ansprüche an Boden und Klima müssen berücksichtigt werden und das Vorhandensein der richtigen Symbiosepartner gesichert sein. Auch die Herkunft des Saatgutes soll beachtet werden. Es muss vermieden werden, dass die Hauptfrucht von der Untersaat konkurriert wird. Das Vermögen elementaren Luftstickstoff zu binden, soll hoch sein. Im pannonischen Klimabereich muss der Wasserbedarf gering sein und Toleranz gegenüber Trockenperioden bestehen. Die Wuchshöhe sollte vor der Deckfruchternte 40 cm möglichst nicht überschreiten, die Wurzelmasse sollte dicht und tief reichend sein. Der durch die Deckfrucht eingeschränkte Lichteinfall muss ertragen werden können. Angestrebt wird eine gleichmäßig verteilten, gesunde Bedeckung der abgeernteten Ackerfläche. (Freyer, 2003: 82; Fuchs Salzeder Wiesinger, 1994; Dachler u. Köchl, 1994; Kahnt, 1983: 42; Merkelbach, 1990; Schultheiss u. Opitz v. Boberfeld, 1994;)

Bei der Auswahl der geeigneten Leguminosenart ist die Möglichkeit der Unverträglichkeit mit sich selbst oder mit anderen Fruchtfolgegliedern und den daraus resultierenden Krankheiten, zu berücksichtigen.

„Selbst-Unverträglichkeit“ verlangt Anbaupausen von 6 Jahren bei Rotklee (*Trifolium pratense*) und Ackerbohnen (*Vicia faba*), von 5 – 6 Jahren bei Luzerne (*Medicago sativa*), 4 – 6 Jahren bei Inkarnatklee (*Trifolium incarnatum*) und von 10 Jahren beim Anbau von Esparsetten (*Onobrychis viciifolia*) (Preuschen und Benath, 1983: 82 ff).

Fruchtfolge-Unverträglichkeiten findet man z. B. bei Rotklee gegenüber Ackerbohnen und Inkarnatklee (Anbauabstand 6 Jahre) (Preuschen und Bernath, 1983: 82 ff).

Rotklee, Inkarnat-, Schweden- und Hornschotenklee, Gelb- und Steinklee sowie Luzerne neigen bei zu enger Fruchtfolge zum Befall durch Kleekrebs (*Sclerotinia trifoliorum*). Anbaupausen von 6 – 7 Jahren sind einzuhalten. Welkekrankheiten, Kleestängelbrand und Kleezystenälchen verlangen ebenfalls Anbaupausen. Stock- und Stängelälchen verursachen Schäden bei Rot- und Schwedenklee. Sie treten auch bei vielen anderen Kleearten auf und verlangen Anbaupausen bis zu 9 Jahren (Freyer, 2003; Herrmann und Plakolm 1991). Virose, z. B. der Wucherungsvirus (*Pea enantion mosaic virus*) und der Mosaikvirus (*Pea mosaic virus*) werden durch die Grüne Erbsenlaus (*Acyrtosiphon onobrychis*) auf Leguminosen übertragen. (Schicke, 1953).

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte muss der Anbau von Leguminosen in Form einer Gründüngungs-Untersaat mit entsprechend zeitlichen Abständen in eine mehrjährige Fruchtfolge integriert werden.

Es stellen sich unter diesen Bedingungen folgende Fragen:

- Welche Leguminosenarten weisen die passenden Voraussetzungen auf und sollen getestet werden?
- Welche der ausgewählten Leguminosenarten entwickeln sich unter Winterroggen und Winterweizen am besten?
- Wie entwickeln sich die ausgewählten Leguminosenarten nach der Deckfruchternte bezüglich Frisch- und Trockenmasse-Ertrag, Bodenbedeckung, Beikraut-Unterdrückung und Stickstoff-Fixierung?
- Kann Gründüngung in Form der Untersaat eine Zwischenfrucht-Gründüngung hinsichtlich des Frisch- und Trockenmasse-Ertrages, der Bodenbedeckung, der Beikraut-Unterdrückung sowie der Stickstoff-Fixierung ersetzen?
- Gibt es einen erkennbaren Einfluss der verschiedenen Untersaaten auf den jeweiligen Ertrag der Deckfrüchte?

1.2. Ziele

Ziel dieser Arbeit war es, die Eignung bestimmter Leguminosenarten für die Untersaat-Gründüngung mit den Deckfrüchten Winterroggen und Winterweizen unter pannonischen Klimabedingungen zu bewerten.

Das Wissen über ihre Wirksamkeit als Stickstoffsammler, Bodenbedecker und Beikrautunterdrücker unter den Deckfrüchten sollte erweitert werden.

Ferner sollte geklärt werden, ob die Erträge der Deckfrucht durch Untersaaten der ausgewählten Leguminosen beeinflusst werden.

Ein Vergleich zwischen den Leistungen der ausgewählten Leguminosenarten in Form einer Untersaat und der Leistung in Form eines Zwischenfrucht-Gemenges aus Leguminosen, Phazelia und Buchweizen als Blanksaat sollte Aufschluss darüber geben, ob im pannonischen Klimaraum Untersaaten den Zwischenfruchtbau in den Bereichen der erwünschten Wirksamkeit ersetzen können.

1.3. Arbeitshypothesen

Daraus ergeben sich folgende Arbeitshypothesen:

Leguminosenarten-Vergleich:

Es gibt keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Entwicklungsvitalität, der Frisch- und Trockenmassen - Erträge, der Bodenbedeckung, der Beikraut-Unterdrückung und der Stickstoff-Fixierung zwischen den einzelnen ausgewählten Leguminosenarten unter pannonischen Klimabedingungen.

Wechselwirkung Untersaat – Deckfrucht:

Es gibt keinen signifikanten Unterschied bezüglich der Entwicklung der Leguminosen-Untersaaten zwischen der Deckfrucht Winterroggen und der Deckfrucht Winterweizen.

Es gibt keinen signifikanten Einfluss der Leguminosen-Untersaaten auf die Deckfruchterträge von Winterroggen und Winterweizen.

Beide Arbeitshypothesen unter pannonischen Klimabedingungen.

Untersaat (Leguminosen) – Blanksaat (Zwischenfrucht - Mischung):

Es gibt keinen deutlichen Unterschied bezüglich der Frisch- und Trockenmassen-Entwicklung, der Bodenbedeckung, der Bildung von Wurzelmasse, der Beikraut-Unterdrückung und der Stickstoff-Fixierung zwischen Leguminosen-Untersaaten und einer Zwischenfrucht-Mischung als Blanksaat unter pannonischen Klimabedingungen.

2. Literatur - Stand der Forschung

2.1. Aufbau und Funktion von Rhizobien

Knöllchenbakterien sind gramnegative, obligat aerobe, bewegliche Stäbchen. Außerhalb einer Pflanze verwenden sie zur N-Versorgung Ammonium-Ionen oder andere N-Quellen. (Schlegel, et al., 2007: 574).

Man unterscheidet mehrere Gruppen von Rhizobien und deren Varietäten (Biovare) die jeweils eigene Wirte besiedeln. Eine Rhizobienart oder -gruppe, die befähigt ist, eine Gruppe verwandter Leguminosen zu besiedeln, wird als Kreuzinokulationsgruppe bezeichnet. Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die für die Landwirtschaft wichtigsten Symbiosepartner (Brock et al., 2006: 750).

2.1.1. Hauptkreuzinokulationsgruppen der Proteobakterien:

Nodulation durch:

Rhizobium leguminosarum:

biovar vicia

biovar phaseolis

biovar trifolii

Rhizobium tropici

Rhizobium meliloti

(=*Sinorhizobium meliloti*)

Bradyrhizobium japonicum

Bradyrhizobium elkanii

Sinorhizobium fredii

Wirte:

Erbse, Linse, Wicke

Feuerbohne

Klee

Bohne

Honigklee, Luzerne

Sojabohne

Sojabohne

Sojabohne

2.1.2. Der Infektionsvorgang

Der Infektionsvorgang erfolgt nur an jungen Wurzeln, etwa 10 Tage nach der Keimung der Pflanze (Liebhard, 2007).

Nicht alle Rhizobienstämme die Leguminosen infizieren, sind in der Lage, Luftstickstoff-fixierende Knöllchen zu bilden. Zirka 10 % haben diese Fähigkeit nicht. Diese Eigenschaft ist durch sogenannte Nodulationsgene (*nod*-Gene) festgelegt, die verschiedenen Nodulationsereignisse steuern. „Ineffektive“ Bakterien, die nicht fähig sind, Luftstickstoff zu binden, bilden nur kleine, grünlich-weiße Knöllchen. Bei „effektiven“ Bakterienstämmen sind die Knöllchen groß, durch das Protein Leghämoglobin rötlich getönt und in der Lage Luftstickstoff zu fixieren. Spezifitätsgene, sog. *hsc*-Gene („Host specificity of Nodulation“) steuern die Wahl ganz bestimmter Leguminosen-Wirte. Die Codierung der Spezifitätsgene und Nodulationsgene befindet sich auf einem großen Plasmid dem „sym-Plasmid“.

Der Infektionsverlauf des Wirtes und die anschließende Wurzelknöllchen-Bildung erfolgt in mehreren Schritten (Brock et al., 2006: 749 ff), siehe auch **Abb. 1** (Crespi und Galvez, 2000):

1. Erkennung des richtigen Partners durch das Bakterium mit Hilfe des kalziumbindenden Proteins Rhicadhesin, das auf den Oberflächen von Rhizobium und Bradyrhizobium vorhanden ist. Weiters spielen bei der Bakterien/Pflanze-Wechselwirkung spezifische Rezeptoren in der Pflanzenzellmembran und kohlenhydrathaltige Proteine (Lektine) eine Rolle. Man vermutet, dass die chemische Struktur von Flavonoiden und Isoflavonoiden der betroffenen Pflanze an der Auswahl bestimmter Symbiosepartner mitwirkt.
2. Anheften des Bakteriums im Bereich der Wurzelhaarspitze. Hier ist die Zellwand am dünnsten.
3. Ausscheidung von „Nod-Faktoren“ (Lipochitooligosaccharide) durch das Bakterium. Sie lösen unter anderem die Krümmung der Wurzelhaare aus. Danach dringt das Bakterium in die Pflanzenzelle ein und bewirkt dort die Ausbildung einer Zelluloseröhre, den „Infektionsfaden“.
4. Wanderung der Bakterien durch den Infektionsfaden in benachbarte Wurzelzellen.
5. Die ausgeschiedenen Nod-Faktoren regen fortlaufend die Teilung der Pflanzenzellen an und führen so zur Bildung der Wurzelknöllchen.
6. Vermehrung der Rhizobien innerhalb der Pflanzenzellen und Wandlung zu modifizierten Bakterienzellen (Bakteroide). Sie umgeben sich einzeln oder in kleinen Gruppen mit Teilen der Pflanzenzellmembran und entwickeln sich zu so genannten „Symbiosomen“. Sie erreichen damit den Stickstoff fixierenden Zustand.
7. Wenn die Wirtspflanze abstirbt, verkümmern die Knöllchen und entlassen die Bakterien in den Boden. Bakterioide können sich nicht teilen, doch eine kleine Zahl von dormanten, stäbchenförmigen Rhizobienzellen sind immer vorhanden und teilungsfähig. Einige Produkte des zerfallenden Knöllchens werden als Nährstoff verwendet. Danach können die Bakterien andere Pflanzen wieder infizieren oder frei im Erdboden existieren (Brock et al., 2006: 752).

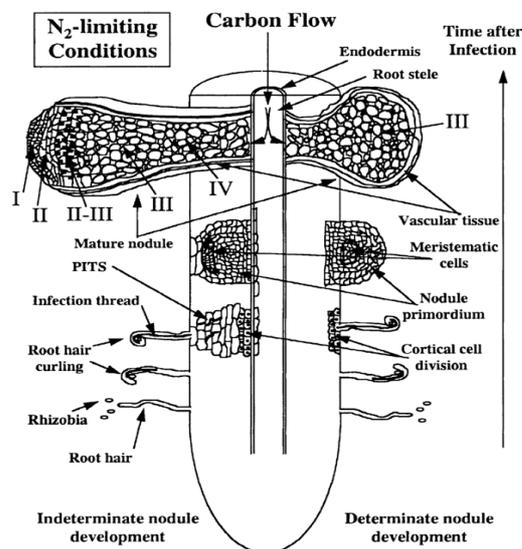


Abb. 1: Entwicklung von nicht-determiniertem und determiniertem Knöllchen (Crespi and Galvez, 2000)

Rhizobien heften sich an das Wurzelhaar und verursachen eine Wurzelhaarkrümmung. Beim nicht-determinierten Knöllchen wird die Zellteilung der Perizyklen und des inneren Kortex aktiviert, beim determinierten Knöllchen die des äußeren Kortex. Die Zellen formen Knöllchenprimordien,

die große Mengen von Amyloplasten (Stärkespeicher) enthalten. Mittels des Infektionsschlauchs gelangen die Rhizobien zu den Knöllchenprimordien und infizieren die Zelle. Beim nichtdeterminierten Knöllchen bildet sich an der Spitze ein Knöllchenmeristem, dadurch entsteht eine zylindrische Form mit verschiedenen Zonen. Zone I: Meristemzone, Zone II: Infektionszone Zone II – III: Zwischenzone, Zone III: N-Fixierungszone, Zone IV: Seneszenzzone (aus Vasse et. al. 1990) Das determinierten Knöllchen besitzt kein Meristem, besteht aus gleich alten Zellen und ist deswegen kugelförmig. (Nounurai, 2009; ergänzt.)

2.1.3. Die Stickstofffixierung

Die Stickstofffixierung wird durch die Reduktion von elementarem Stickstoff (N₂) zu Ammoniak (NH₃) bewirkt der danach in organische Stickstoffverbindungen überführt (Abbildung 2).

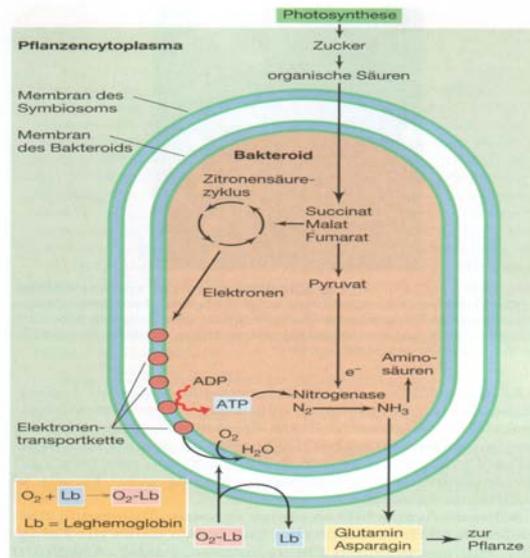
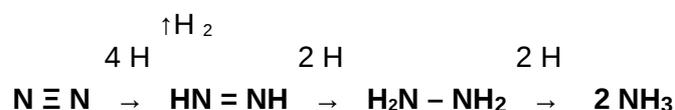
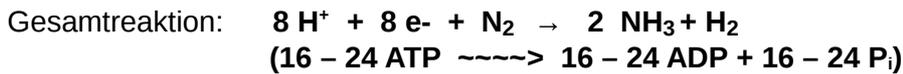


Abbildung 19.67: Das Wurzelknöllchenbakteroid. Schemazeichnung der wesentlichen Stoffwechselreaktionen und Nährstoffaustauschreaktionen, die in einem Bakteroid ablaufen. Das Symbiosom besteht aus einer Ansammlung von Bakteroiden, das von einer einzelnen Membran umgeben ist, die von einer Pflanzenzelle stammt.

Abb. 2: Wurzelknöllchenbakteroid (Brock et al., 2006: 753)

Der Reduktionsprozess erfordert einen gegen Sauerstoff empfindlichen Enzym-Komplex, die Nitrogenase. Die Nitrogenase besteht aus zwei separaten Polypeptiden, der Dinitrogenase und der Dinitrogenasereduktase die beide Eisen enthalten. Die Dinitrogenase enthält zusätzlich noch Molybdän (Mo). Molybdän ist Teil eines Cofaktors („Eisen/Molybdän-Cofaktor“ *MoFe-co*) an dem sich die eigentliche Reduktion des N₂-Stickstoffs vollzieht. Jedes Nitrogenase-Molekül enthält zwei Kopien des Cofaktors. Die Funktion und Synthese der Nitrogenase ist nur bei sehr niedrigem Sauerstoffpartialdruck gewährleistet. Der notwendige Sauerstofftransport zu den Symbiosenmembranen wird unter den gegebenen niedrigen Sauerstoffpartialdrücken durch das knöllchenspezifische Nodulin „Leghämoglobin“ durchgeführt (Keller et al., 1999: 555). Da die Dreifachbindung des Stickstoffmoleküls eine hohe chemische Aktivierungsenergie zur Auslösung einer Reaktion benötigt, müssen 6 Elektronen für die Reduktion von N₂ zu NH₃ übertragen werden. Die Reaktionsschritte erfolgen in 3 hypothetischen Stufen direkt an der Nitrogenase ohne dass Zwischenstufen frei werden.





(Brock et al., 2006: 664 ff; Schlegel et al., 2007: 237; Strasburger, 2002: 349 f)

Das entstehende NH₃ wird von der Pflanze in Aminosäuren assimiliert und schließlich als Amid (Gattungen *Vicia* und *Pisum*) oder Ureid (Gattungen *Phaseolus* und *Glycine*) in die Blätter abtransportiert. Die Pflanze liefert dafür die Kohlenstoffquelle und schützt zusätzlich die Nitrogenase vor Sauerstoff. Bei reifen funktionellen Knöllchen findet der Transport über periphere Leitbündel statt, die mit dem Gefäßsystem der Wurzel in Verbindung stehen (Stougaard, 2000).

2.2. Untersaaten

2.2.1. Geschichte und Entwicklung

Pflanzenbau in Form von Untersaaten wurde bereits im 19. Jahrhundert praktiziert. Sie waren das wichtigste Anbauverfahren für den Futter- und Zwischenfruchtbau. In der ersten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts befassten sich namhafte Fachleute aus Forschung und Praxis mit dem Einsatz von Untersaaten und Stoppelsaaten zur Gründüngung und geeigneten Fruchtfolgen für den Aufbau optimaler Bodenstruktur (Görbing, Sekera, Könekamp, Könemann u. a.). In den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurden annähernd ¾ der Zwischenfruchtflächen in Form von Untersaaten bestellt. Durch die Veränderung der Anbautechnik, Einführung neuer Sortentypen von Deckfrüchten sowie den vermehrten Einsatz von Kunstdüngern und chemischen Unkrautvernichtungsmitteln ging diese Anbauform stark zurück (Brodowski, 2001). Parallel zu dieser Entwicklung in der zweiten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts, stieg die Hinwendung zu einer Form der Landwirtschaft, die im Einklang mit der Natur arbeiten und weitgehend ohne Kunstdünger und anderen chemische Hilfsmittel auskommen wollte. Das Ziel war, auf nachhaltige Art und Weise gesunde und hochwertige Nahrungsmittel zu erzeugen.

Grundlage für diese Landbauweise bildeten die Lehren des Anthroposophen Dr. Rudolf Steiner (1861 – 1925) die in der ersten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts zur Gründung der „Biologisch-dynamischen Landwirtschaft“ führten.

Der Schweizer Lehrer und Agrarpolitiker Dr. Hans Müller (1891 – 1988) gründete - unterstützt von seiner Frau Maria Müller und dem Arzt, Mikrobiologen und Bodenkundler Doz. Dr. Hans Peter Rusch - in den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts die „Organisch-biologische Landbaumethode“.

Ein weiteres auf biologischer Basis arbeitendes Landbausystem wurde von Ewald Könemann (1899 – 1976) gegründet. Sein „Natürlicher Landbau“ entwickelte sich im Umfeld der Lebensreform-Bewegung, die vegetarisch orientiert war. Aus diesem Grunde befasste er sich besonders mit den Möglichkeiten der Düngerbereitung in viehlos arbeitenden Betrieben.

Ab den siebziger und achtziger Jahren stieg die Anzahl dieser biologisch wirtschaftenden Betriebe rasch an. Es kam zu einer Renaissance der Gründüngung bzw. von Gründüngungs-Untersaaten. Heute wird dem viehlos und biologisch arbeitenden Landwirt ein Anteil von 25 – 30 % Leguminosen in der Fruchtfolge empfohlen (Friedel et al., 2003)

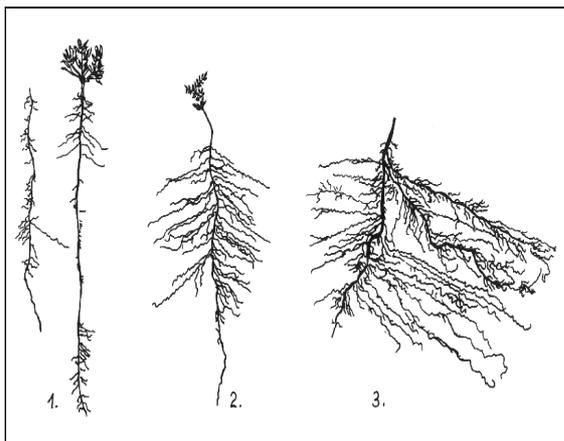
2.2.2. Voraussetzungen für das Gelingen von Untersaaten

Voraussetzung für die Kultivierung und Düngefunktion von Leguminosen-Untersaaten unter Getreidedeckfrucht sind nicht nur die Wahl der richtigen Kulturart und Kenntnis derer Eigenschaften, Wirkungen und Nebenwirkung, sondern auch (Freyer, 2003: 82, verändert)

- ein sorgfältig vorbereitetes Saatbett
- ausreichend Zeit für ihre Entwicklung unter der Deckfrucht und nach der Deckfruchternte
- geeignete Tageslänge und ausreichendes Wärmesummen-Angebot
- ausreichendes Wasserangebot (im Boden gespeichert und in Form von Niederschlägen)
- geeigneter pH-Wert (auch im Unterboden)
- ausreichende Mineralstoffernährung
- richtig gewählter Zeitpunkt des Umbruchs
- passende Einarbeitung
- ausreichende Zeit für die Rotte der Grün- und Wurzelmasse nach der Einarbeit

2.2.3. Wurzelsysteme

Leguminosen bilden sehr unterschiedliche Wurzelsysteme aus (Abb. 3)



Typ 1 bildet eine lange, wenig verzweigte Hauptwurzel, die tief in den Boden eindringt und Wasser und Nährstoffe aus den unteren Schichten nutzen und hervorholen kann = Lupinus-Typ.

Typ 2 hat eine weniger tiefgehende Pfahlwurzel, dafür aber stärkere und weiter verbreitete Seitenwurzeln = Pisum-Typ.

Typ 3 umfasst Pflanzen, die zwar auch eine Hauptwurzel ausbilden, daneben aber kräftige Seitenwurzeln, die sich wiederum mehrfach verzweigen = Phaseolus-Typ

Abb. 3: Wurzeltypen von Leguminosen (nach Fruwirth, 1921)

Leguminosen für Gründüngung, geordnet nach Art des Wurzelsystems

(Kahnt, 1983: 125; Freyer, 2003: 109 f, geändert):

flach wurzelnd
(0 – 80 cm)

Weißklee (*Trifolium rep.*)
Inkarnatklee (*Trifolium incarn.*)
Schwedenklee (*Trifolium hybr.*)
Wundklee (*Anthyllis vulneraria*)

mittel- bis tief wurzelnd
80 – 150 cm)

Gelbklee (*Medicago lup.*)
Seradella (*Ornithopus sat.*)

tief wurzelnd
(150 – 200 cm)

Lupine (*Lupinus*)
Rotklee (*Trifolium prat.*)
Luzerne (*Medicago sati.*)
Steinklee (*Melilotus offic.*)

2.2.4. Versuchs-Ergebnisse von Gründungs-Varianten

In den letzten Jahrzehnten hat sich die Forschung im Umfeld ökologisch orientierter Landbaumethoden aber auch im konventionell arbeitenden Bereich eingehend mit den Einsatzmöglichkeiten und Wirkungen der verschiedenen Gründungs-Varianten befasst (Friedel, et.al., 2003; Fuchs, et al., 1994; Schultheiss, Opitz v. Boberfeld, 1994; Herrmann und Plakolm, 1991; Kahnt, 1983 u. 1986; ; Renius und Lütke-Entrup, 1985; Preuschen und Bernath, 1984; Könemann, 1974 u. v. a.). Allerdings hatten die Versuchsergebnisse, durch die unterschiedlichen Lagen der Versuchsstandorte und deren variierenden Klimaverhältnissen und Bodenarten, nur eingeschränkte Gültigkeit für Standorte mit stark abweichenden Voraussetzungen.

Als Beispiel kann eine vergleichende Darstellung von Kahnt (1986: 57)) dienen:

In Hohenheim, BRD (400 m über NN, Jahresdurchschnittstemperatur 8,5 °C, 750 mm durchschnittl. Niederschlag, Parabraunerde) akkumulierten weiße Lupinen bis zu 450 kg N/Jahr, auf der Schwäbischen Alb, BRD (700 m über NN, 6,2 Jahresdurchschnittstemperatur, 760 mm durchschnittl. Niederschlag, Pararendzina) nur 108 kg N/Jahr. Bei Futtererbsen verursacht eine 14-tägige Saatzeitverspätung auf der Alb statt 288 kg N nur 230 kg N.

Aus diesem Grund wird den interessierten Landwirten empfohlen, unter den eigenen Bedingungen mit Gründungs-Varianten zu experimentieren (Kahnt, 1983, 42).

Für das niederschlagsarme pannonische Klima des Ostens Österreichs sind im Bereich der biologischen Landwirtschaft bezüglich „Leguminosen-Untersaaten“ keine Forschungsergebnisse bekannt. Im konventionellen Bereich gab es einen Untersaaten-Versuch, der teilweise auch im pannonischen Klimaraum stattfand.

2.2.5. 3-jähriger Untersaat-Versuch am Standort Fuchsenbigl, NÖ

Landwirtschaftlich-chemischen Bundesanstalt, Wien. (Dachler und Köchl, 1994)

Der dreijährige Feldversuch wurde in drei Klimagebieten – trocken, feucht, rau – durchgeführt. Hier beschränkt sich die Versuchs-Beschreibung auf das Klimagebiet „trocken“.

Am Standort „Fuchsenbigl“, Niederösterreich (pannonisches Klimagebiet, 150 m über NN, Jahresmitteltemperatur 9,1 °C, durchschnittl. Jahresniederschlag 500 mm, Bodentyp Tschernosem) wurden unter der Deckfrucht Sommergerste und der Nachfrucht Sommerweizen, verschiedene Untersaat- und Stoppelsaat-Varianten sowie Düngestufen (mit Mineraldünger) geprüft. Es wurden konventionelle Landbaumethoden angewendet. Im Vordergrund des Versuchs stand die Überprüfung der Wirkung auf den Ertrag und den Erlös der Folgefrucht. Der Erlös der Folgefrucht und der Einfluss der Düngestufen soll hier nicht näher behandelt werden.

Nach Vorversuchen wurden u. a. die Leguminosenarten Gelbklees (*Medicago lupulina*), Perserklee (*Trifolium resupinatum*), Weißklees (*Trifolium repens*), Steinklee (*Melilotus alba*), Rotklee (*Trifolium pratense*) und Luzerne (*Medicago sativa*) als Untersaat ausgewählt. Wegen zu hoher Saatgutkosten oder zu geringen Aufwuchses wurden Bokharaklee (*Melilotus officinalis*), Hornklee (*Lotus corniculatus*), Fadenklee (*Trifolium dubium*), Erdklee (*Trifolium subterraneum*), Inkarnatklee (*Trifolium incarnatum*) und Wundklee (*Anthyllis vulneraria*) in die Versuchsreihe nicht aufgenommen.

Der Aufwuchs wurde im Spätherbst gemulcht und in den Boden eingearbeitet. Die unbehandelten Vergleichs-Variante lag zwischen der Ernte der Sommergerste und dem folgenden Sommerweizen-Anbau brach.

Nachdem viele Praktiker einen negativen Einfluss der Untersaat auf die Deckfrucht durch die Konkurrenz um das verfügbare Wasser in diesen kontinental beeinflussten und trockenen Gebiet befürchten, wurde besonderes Augenmerk auf den Ertrag der Deckfrucht gerichtet. Das Versuchsergebnis zeigte, dass Untersaaten sowohl leicht positive als auch leicht negative Auswirkungen auf die Sommergersten-Deckfrucht ausübten. Es wurde aber erwähnt, dass wegen der großen Trockenheit die Herbstackerung in Fuchsenbigl in einem der Versuchsjahre erst im Winter durchgeführt werden konnte.

Die höchsten Mehrerträge der Folgekultur (Mittel von 3 Jahren) gegenüber der unbehandelten Variante lieferten Untersaaten, und zwar Luzerne mit + 20 % und im geringeren Maße auch Gelbklee, Perserklee und Rotklee. Stoppelsaaten führten nur in geringem Maße zu Mehrerträgen.

Ertrag der Sommergersten Deckfrucht (in Rel. %) bei kleeartiger Untersaat:

Gelbklee	104
Perserklee	99
Steinklee	95
Rotklee	107
Luzerne	103
ohne Untersaat	100 (dt/ha 35,43)

Ertrag der Folgekultur „Sommerweizen“ nach Untersaaten und Stoppelsaaten (Mittel von 3 Jahren):

	Untersaat	Stoppelsaat
Gelbklee	116	107
Perserklee	114	107
Steinklee	110	111
Rotklee	114	106
Luzerne	121	107
unbehandelte Variante N 0:	100 (dt/ha 31,26)	

2.2.6. Artenvergleiche von Leguminosen im pannonischen Klima

Umfangreiche Artenvergleiche von Leguminosen wurden im ostösterreichischen Raasdorf (NÖ), in der biologisch geführten Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur durchgeführt (Pietsch, 2002).

Die Versuchswirtschaft liegt in einer Seehöhe von 150 -160 m, weist einen durchschnittlichen Niederschlag von 554 mm / Jahr auf, das Jahresmittel der Lufttemperatur beträgt 9,8 °C, die Bodenform ist Tschernosem aus angeschwemmten Feinsediment.

Die Wahl der Leguminosenarten richtete sich nach den pannonischen Standortbedingungen dieser Region. Ihre Eignung als Gründüngung aber auch zur Futternutzung sollte getestet werden. Die Kultivierung erfolgte als Hauptnutzung ohne Deckfrucht.

Es wurden von den Futterleguminosenarten Luzerne, Rotklee, Weißer Steinklee in Reinsaat und dem Luzernen-Gras-Gemenge oberirdische und unterirdische Biomasse und die symbiontische N₂ – Fixierung sowie die N-Flächenbilanz untersucht. Weiters wurden auch der Wasserverbrauch und die Wassereffizienz überprüft. Luzerne wurde in Form von 1 und 2 Hauptnutzungsjahren kultiviert und futterbaulich (Schnitt) sowie als Gründüngung (Mulch) genutzt. Die Nutzungsdauer war ein- und zweijährig.

Es soll hier nur auf die Ergebnisse der Biomasse-Erträge, der Stickstoff-Fixierung und der Wassernutzung eingegangen werden.

Artenvergleich:

Die oberirdische Biomasse von Luzerne (*Medicago sativa*) und Weißem Steinklee (*Melilotus alba*) waren signifikant höher als die Erträge des Rotklee (*Trifolium pratense*). Die Luzerne bildete durch ihre große Wurzelmasse eine bedeutende Nährstoffquelle. Die Stickstoff-Fixierleistungen der Arten Luzerne und Weißer Steinklee waren am höchsten. Bezüglich Wasserverbrauch und Wassereffizienz waren zwischen den Leguminosenarten kein Unterschied festzustellen.

Nutzungsvergleich (Schnitt / Mulch):

Hinsichtlich der oberirdischen und unterirdischen Biomassenbildung und ihres Stickstoff-Ertrages wurde zwischen Mulchnutzung und Schnittnutzung kein Unterschied festgestellt. Auf Grund der Trockenheit in den beiden Versuchsjahren war die Freisetzung von N aus dem Mulch der Leguminosen gehemmt. Aus diesem Grund waren der Nmin-Gehalt des Bodens unter den gemulchten Leguminosen gegenüber dem der Leguminosen-Schnittnutzung nicht erhöht. Die N-Flächenbilanzsalden sind - berücksichtigt man eine Rückführung der Schnittnutzung in Form von Wirtschaftsdünger - in beiden Fällen positiv. Der Wasserverbrauch wurde bei Mulchnutzung verringert, die Wassernutzungseffizienz gesteigert.

Insgesamt wurde in dieser Arbeit festgestellt, dass die Stickstoff-Fixierleistung und die Biomassebildung der verschiedenen Leguminosen-Arten sehr vom Wasserangebot abhängt. Es wurden weitere Untersuchungen (Sortenversuche, Saatmischungen, Versuchsjahre, Reaktionen auf Wasserstress etc.) als notwendig angesehen.

3. Material und Methoden

3.1. Standort

Die Versuchsflächen liegen im niederösterreichischen Raasdorf etwa 5 km östlich der Wiener Stadtgrenze im Gebiet des Marchfeldes. Der Standort gehört zur Praterterrasse und ist ein Teil des Wiener Beckens. Die Seehöhe beträgt 156 m. Diese Flächen bilden Teile der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur. Das Verwaltungszentrum befindet sich in Groß Enzersdorf. Die Versuchsfläche wird seit 1998 nach ökologischen Richtlinien bewirtschaftet und beträgt insgesamt 26 ha, davon 24 ha Ackerfläche und 2 ha Saumstreifen und Hecken (Pietsch, 2004). Sie ist in 6 Teilflächen gegliedert. Die Untersaat-Versuche wurden auf den Flächen 3 und 4 angelegt (Abbildung 4).

↑ NORDEN

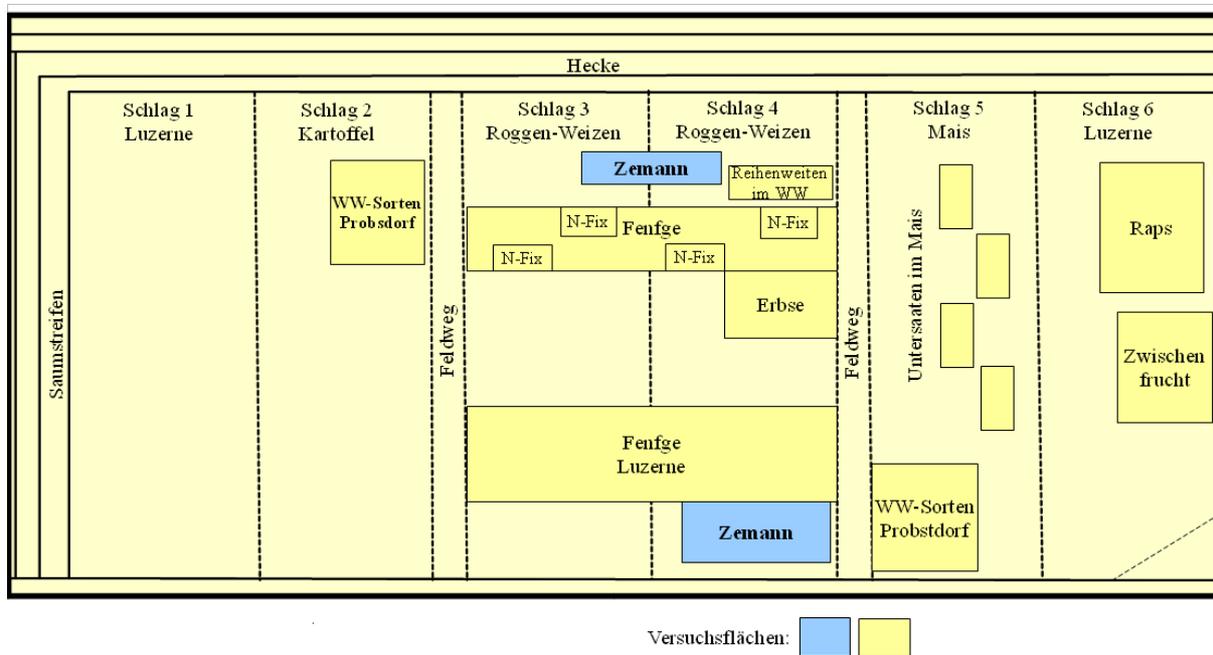
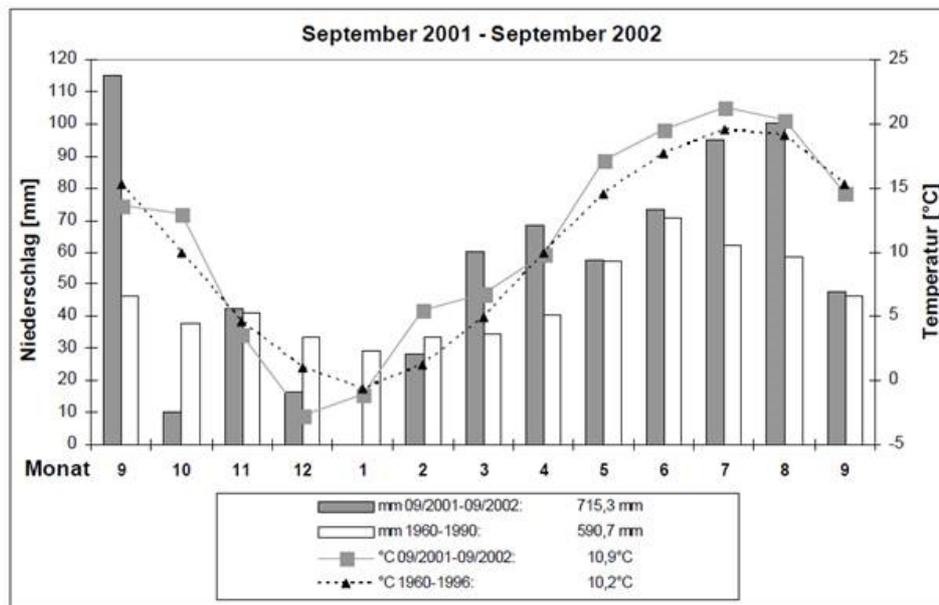


Abb. 4: Überblick über die Versuchsflächen (nicht maßstabgetreu)

3.2. Klima und Witterungsverlauf

Die Versuchsflächen liegen klimatisch und pflanzengeografisch im Bereich der pannonischen Klimazone. Sie ist die wärmste und trockenste Klimazone Österreichs mit viel Sonnenschein, hohen Temperatursummen und einer langen Vegetationsperiode. Die Winter sind kalt und schneearm. Die Niederschläge sind relativ gering. Es kann zu sommerlichen Trockenperioden kommen. Die Lage der Versuchsflächen ist offen, windig und weist geringe Luftfeuchte und wenig Taubildung auf. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 9,8 °C, der mittlere Jahresniederschlag 545 mm, die mittlere relative Luftfeuchte 75 % (Hadatsch, 2009, Wagenristl, 2001).



Aus „Endbericht Optimierung von Körner- und Futtererbsenanbau“
Projekt-Nr. 1290 (FREYER et. al 2006)

Abb. 5: Witterungsverlauf Sept. 2001 – Sept. 2002

Die Übersicht über den Niederschlags- und Temperaturverlauf in Abbildung 5 zeigt eine relativ zum langjährigen Durchschnitt erhöhte Niederschlagsmengen im September 2001 und in den Monaten März, April, Juli und August 2002. Der Oktober 2001 und der Winter 2001/2002 dagegen weisen deutlich unterdurchschnittliche Niederschlagswerte auf. Die Dezember-Temperaturen liegen unter dem langjährigen Durchschnitt, die Sommerperiode zeigt leicht erhöhte Werte.

3.3. Boden

Die Böden des Areals weisen tiefgründige Tschernoseme aus fluviatilen kalkhaltigen Feinsedimenten mit einer Mächtigkeit von ein bis zwei Metern auf. Die Tiefgründigkeit unterliegt großen Schwankungen und weist Teilflächen mit hoch anstehenden Schotterlagen auf. Der Boden weist ein hohes Wasserspeicher-Vermögen mit mäßiger Durchlässigkeit auf. Die Feldkapazität liegt bei 28,4 Vol.%, der permanente Welkepunkt bei 14,6 Vol.%. Der Ap -Horizont (0 – 30 cm) besteht aus lehmigem Schluff mit einem Humusgehalt von 2,52 – 3,15 %. Die Bodenreaktion beträgt pH-Wert 7,5 – 7,6. Die Krumentiefe erreicht bis zu 50 cm. Der Kalkgehalt nimmt mit der Tiefe zu. Er steigt von 21,6 % im Bereich der Erdoberfläche auf 26,9 % in 50 cm Tiefe. Die Versorgung des Bodens mit Phosphor, Kalium und Magnesium ist bis zu der Krumentiefe von 30 cm ausreichend. Im Anschluss zum Ah-Horizont bildet der AC-Horizont (50 - 90 cm Tiefe) den Übergang zum schottrigen C-Horizont (Wagentristl, 2001, ergänzt).

3.4. Prüffaktoren und Versuchsvarianten

Geprüft wurden die Deckfrüchte Winterweizen und Winterroggen mit unterschiedlichen Untersaaten (Luzerne, Steinklee und Wundklee). Als Referenzfrucht diente eine Untersaat-Variante mit Grasmischung, eine Variante ohne Untersaat sowie eine Stoppelsaat-Mischung verschiedener Leguminosen und Nichtleguminosen.

3.4.1. Prüffaktoren:

Faktor A (DECKFRUCHT):

- a1 Winterroggen (*Secale cereale*)
- a2 Winterweizen (*Triticum aestivum*)

SORTE

- ELEKT
- CAPO

Faktor B (UNTERSAAT):

- b1 Wundklee (*Antyllis vulneraria*) TREBICKSKY
- b2 Steinklee/Weißklee (*Melilotus alba/Trifolium repens*) LUFÄ/HUIÄ
- b3 Luzerne (*Medicago sativa*) EUROPE

- b4 **Grasmischung**
 - Wiesenschwingel (*Festuca pratensis*) BARTRAN
 - Schafschwingel (*Festuca ovina*) BORNITO
 - Rotschwingel (*Festuca rubra* L.) ECHO
 - Glatthafer (*Arrhenaterum elatius*) ARONE

- b5 **Zwischenfrucht-Gemenge als Stoppel- oder Blanksaat**
 - Sommer-Wicke (*Vicia sativa*) NITRA
 - Platterbse (*Lathyrus sativus*) MERKUR
 - Peluschken (*Pisum arvense*) ARVIKA
 - Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*) LILES
 - Phazelia (*Phacelia tenacetifolia*) BALO

- b6 **keine Untersaat**

Bei der Variante mit Winterweizen entfiel die Grasuntersaat. Die Daten der 0-Variante (keine Untersaat) wurden von den Weizenflächen aus der direkten Umgebung der Versuchsfläche gewonnen. Die Vorfrucht für alle Versuchsflächen war Winterweizen.

3.4.2. Erhobene Parameter:

Untersaat- Leguminosen und Zwischenfrucht-Gemenge als Blanksaat

- Entwicklungsverlauf der Untersaat und des Zwischenfrucht-Gemenges
- Bodenbedeckung
- Unkraut-Unterdrückung
- Oberirdische und unterirdische Biomasse (Frisch- und Trockenmasse)
- Stickstoffgehalt der Biomasse
- Stickstoff-Fixierung

Deckfrüchte Winterroggen und Winterweizen

- Oberirdische Biomasse (zum Erntezeitpunkt)
- Stickstoffgehalt der oberirdischen Biomasse
- Erntemenge (Körner) Winterroggen
- Erntemenge (Körner) Winterweizen

Boden

- Mineralstickstoffgehalt
- Stickstoffbilanz
- Bodenfeuchte

3.4.3. Versuchsdesign

Die Versuche wurden als Parzellen-Feldversuch in Form einer randomisierten Blockanlage durchgeführt (siehe Parzellenplan 1 und 2).

Die Versuchsserie bestand aus 4-fach-Wiederholungen sowohl am Standort Winterroggen als auch am Standort Winterweizen. Die Wiederholungen im Bereich Winterroggen wurden mit den Nummern 1,2,3,4 gekennzeichnet. Um Verwechslungen zu vermeiden erhielten die 4 Wiederholungen im Bereich Winterweizen die Nummern 5, 6, 7, 8.

Die Breite der Versuchs-Parzellen beträgt 5,20 m, die Länge 12,00 m.

Die jeweils 4 Wiederholungen wurden mit 1– 4 (Deckfrucht Winterroggen: a1) bzw.

5 – 8 (Deckfrucht Winterweizen: a2) gekennzeichnet.

Die Versuchsflächen blieben ungedüngt.

Die Untersaat-Versuche wurden im Jahr 2002 durchgeführt.

3.4.3.1. Parzellenplan 1

Deckfrucht:

Winterroggen a1

Untersaat:

Wundklee	b1	WU
Steinklee/Weißklee	b2	STK
Luzerne	b3	LU
Grasmischung	b4	GRAS
Zwischenfrucht	b5	ZW
0-Parzell	b6	0

4 Wiederholungen:

1, 2, 3, 4,

Parzellenmaße:

Breite: 5,20 m, Länge: 12,0 m

↑ **NORDEN** ← **US** – **Einsaattrichtung**

ZW a1b5	STK a1b2	WU a1b1	GRAS a1b4	STK a1b2	ZW a1b5	0 a1b6	LU a1b3
0 a1b6	GRAS a1b4	LU a1b3	ZW a1b5	WU a1b1	LU a1b3	GRAS a1b4	STK a1b2
LU a1b3	WU a1b1	ZW a1b5	0 a1b6	GRAS a1b4	0 a1b6	STK a1b2	WU a1b1
4		3		2		1	

FAHRWEG →

Die mit gleichen Farben unterlegten Versuchsfelder bilden eine Wiederholungseinheit:

Block und Wiederholung 1
Block und Wiederholung 2
Block und Wiederholung 3
Block und Wiederholung 4

3.4.3.2. Parzellenplan 2

Deckfrucht:

Winterweizen a2

Untersaat:

Wundklee	b1	WU
Steinklee/Weißklee	b2	STK
Luzerne	b3	LU
Zwischenfrucht	b5	ZW

4 Wiederholungen :

5, 6, 7, 8, ,

Parzellenmaße:

Breite: 5,20 m, Länge: 12,0 m

→ STRASSE

↑ NORDEN

5	ZW a2b5	LU a2b3	STK a2b2	WU a2b1
6	STK a2b2	WU a2b1	ZW a2b5	LU a2b3
7	LU a2b3	STK a2b2	WU a2b1	ZW a2b5
8	WU a2b1	ZW a2b5	LU a2b3	STK a2b2

Die mit gleichen Farben unterlegten Versuchsfelder bilden eine Wiederholungseinheit.

Block und Wiederholung 5
Block und Wiederholung 6
Block und Wiederholung 7
Block und Wiederholung 8

3.4.4. Kulturarten

3.4.4.1. LUZERNE (*Medicago sativa*)

(lat. *medica* = antike Bezeichnung der Luzerne, aus der Landesbezeichnung „Medien“ (gr. Μηδία) hergeleitet)

Stellung in der Systematik:

Überordnung: Fabanae
Ordnung: Fabales
Familie: Fabaceae
Unterfamilie: Faboideae
Gattung: *Medicago*
Art: *Luzerne*

Morphologie:

Ausdauernder Hemikryptophyt, mit sehr kräftiger, bis 1 oder 2 (5) m lang werdenden Pfahlwurzel und gestauchtem, mehrköpfigem Erdstock mit kurzen Ausläufern. Stängel aufrecht, oft ästig, meist 30 bis 90 cm hoch. Bestockung durch am Stängelgrund überwinterte Knospen. Blättchen verschieden groß, verkehrt eiförmig, zerstreut behaart. Blüten lila bis blauviolett, 6 – 11 mm lang, in blattachselständigen Trauben, meist 8 – 25-blütig. Blütezeit: V – X. Hülsen sichelförmig, Samen gerade oder schwach gekrümmt, bohnenförmig, glatt 1,5 – 2,5 mm lang, gelb (Abbildung 6). (Adler, et al., 1994: 458; Hegi, 197: 1257 ff; Rothmaler, 1991: 336).



Abb. 6

Verbreitung / Standort:

Das Herkunftsgebiet für die Saatluzerne liegt in Anatolien und im Iran. Sie ist die älteste bekannte Futterpflanze. Das Verbreitungsgebiet in Europa reicht im Norden bis nach Schweden und Norwegen, im Süden findet man sie in den mediterranen Klimazonen incl. Nordafrika. In Asien weitverbreitet: östlich bis China, südlich bis Tibet und Vorderindien. In Nordamerika eingebürgert. Die typischen Luzernen-Anbaugebiete findet man eher in kontinentalen Klimagebieten. Der Boden sollte tiefgründig, warm und kalkreich sein, die Anforderungen an Phosphor- und Kali-Versorgung sind hoch. Auch ihr Wasseranspruch ist hoch (Transpirationskoeffizient $> 700 \text{ mm H}_2\text{O/kg TM}$ (Loiskandl, 2011) und verlangt nach gut wasserführenden, mittelschweren Böden (Hegi, 1975: 1262).

Wurzelbildung:

Die Luzerne entwickelt ein tiefreichendes Wurzelsystem und verfügt über ein sehr gutes, mechanisches Aufschließungsvermögen. Dadurch sind auch weniger tiefgründige Böden durch den Luzernenanbau nutzbar zu machen sofern der Unterboden klüftig aufgerissen ist und die Wurzeln in die Tiefe vordringen können, um ihren Wasserbedarf zu decken. Die Pfahlwurzel kann mehrere Meter lang sein, die Seitenwurzelbildung ist standortabhängig ausgeprägt. Mehrjährige Luzernekulturen bilden eine relativ große Wurzelmasse (52 – 54 dt/ha). Zusätzlich werden jährlich 20 bis 30 dt/ha Feinwurzeln abgebaut. Von dem in den Stoppel- und Wurzelrückständen gebundenen Stickstoff werden 50 bis 70 % in den ersten 3 Nachfruchtjahren verfügbar. Ein Teil der C/N-Menge wird schon während der Anbaujahre in stabile Humusformen umgewandelt (Maas, 1993).

Krankheiten / Schädlinge:

Mehrere Pilze schädigen die Luzerne: Mehltauarten wie *Erysibe martii*, *Erysibe polygoni*, *Perenospora trifoliorum*, der Kleekrebs *Sclerotinia trifoliorum*, die Luzernenwelke *Verticillium albo-atrum*, die Rostpilze *Uromyces medicaginis falcatae* und *Ustriatus*, die Blattfleckenpilze *Pseudopeziza medicaginis* und *Macrosporium sarciniforme*, die Wurzeltöter *Rhizoctonia violacea*, *Leptosphaeria circinans*, u. a. Der Algenpilz *Urophlyctis alfalfae* erzeugt knollige Wurzelauswüchse und Hypertrophie der Adventivknospen.

Tierische Schädlinge: Wurzelälchen, mehrere Gallmücken und nicht gallenbildende Insekten wie *Aphis medicaginis*, ein wurzelschädigender Käfer *Hylesinus trifolii* und mehrere Raupenarten. Durch eine weitläufige, gut durchdachte Fruchtfolge und die richtige Sortenwahl lassen sich Schäden in Grenzen halten (Hegi, 1975: 1263 ff).

Verwendung:

Bereits um 470 v. Chr. wurde die Luzerne in Griechenland als Pferdefutter verwendet und breitete sich durch die Jahrhunderte über Europa als Viehfutter und als geschätzte Gründüngungspflanze aus. Die Nährstoffträge sind höher als bei anderen Leguminosen. Sie liefert eiweißreiches Futter von hoher Verdaulichkeit. Die Nutzung mehrjähriger Luzernenanlagen muß schonend erfolgen, um ausreichende Regeneration der Pflanzen zu ermöglichen, und dürfen nur bis zu dreimal pro Saison geschnitten werden. Die Heubereitung leidet unter hohen Bröckelverlusten. Eine Beweidung ist nur im letzten Anbaujahr zu empfehlen, da durch Verbiß der Wurzelköpfe mit den Knospen und den Tritt der Tiere die Pflanzen geschädigt werden. Die Luzerne wird von allen Haustieren gerne gefressen (Hegi, 1975: 1261; Geisler, 1988: 431).

Anbau:

- in der Fruchtfolge ist eine Anbaupause von 5 – 6 Jahren einzuhalten
- benötigt ein feinkrümeliges Saatbett und guten Bodenschluss, Beikrautfreiheit und oberflächliche Lockerung bei Anbau als Untersaat
- Saatgutmenge für Blanksaat: 20 - 30 kg / ha
- Saatgutmenge für Untersaat: 25 kg minus 10 – 15 % / ha
- Aussattermin: III - V
- Aussattiefe: 0,5 - 2 cm
- Drillweite: 10 - 15 cm
- Impfung mit Rhizobien nicht nötig

(Geisler, 1988: 432ff; Hegi, 1975: 1262; Preuschen und Bernath, 1983: 92 f)

3.4.4.2. WEISSER STEINKLEE (*Melilotus alba*)

(Griech.: *meli* (μέλι) = Honig und *lotos* (lat. *lotus*) = Name verschiedener Kleepflanzen)

Stellung in der Systematik:

Überordnung:	Fabanae
Ordnung:	Fabales
Familie:	Fabaceae
Unterfamilie:	Faboiadeae
Gattung:	<i>Melilotus</i>
Art:	Weißer Steinklee

Morphologie:

Zweijähriger, kumarinhaltiger Hemikryptophyt. Senkrechte, wenig verzweigte Pfahlwurzel mit oft reichlicher Bestockung am Wurzelhals. Stängel einzeln oder mehrere, meist aufrecht, 30 - 150 cm hoch, mehr oder minder stark verzweigt, oft rötlich überlaufen, im oberen Teil etwas behaart. Laubblätter stets dreizählig, meist 1-2 cm lang, verkehrt eiförmig, undeutlich gezähnt. Blüten zu 40 bis 80 in bis 6 cm langen, fast ährenförmigen Trauben, Krone weiß. Reife Samen meist eiförmig, glatt oder leicht warzig, schmutzig- bis grünlichgelb. Blütezeit: V - VIII, vereinzelt auch später. Stammt sicher von *Trigonella* (Bockshornklee) ab (Abbildung 7). (Adler, et al., 1994: 457; Hegi, 1975: 1245, Rothmaler, 1991: 335).



Weißer Steinklee – *Melilotus alba*
0,30–1,20 ☉ 6–9 (weiß. Fr netzig-
runzlig, kahl)

Abb. 7

Verbreitung / Standort

Allgemeine Verbreitung: im größten Teil Europas und Westasiens häufig, nördlich bis Finnland, Skandinavien und Großbritannien, südlich bis Spanien, Mittelitalien und Griechenland, östlich bis Westsibirien, Tibet und Vorderindien. In Amerika und Australien eingebürgert. Heimat wahrscheinlich West- und Zentralasien. Bevorzugt trockene Ruderalstellen, Weg- und Ackerränder, Bahndämme, Fluß- und Seeufer, collin bis subalpin, anspruchslos, kalkliebend. Für Keimung und Jugendentwicklung Niederschläge nötig, später werden Trockenperioden gut ertragen (Hegi, 1975: 1246).

Wurzelbildung:

In der Anfangsentwicklung bildet die Pflanze eine kurze Pfahlwurzel die sich schon knapp unter der Erdoberfläche in viele etwa gleich dicke Wurzeln verzweigt. Aus den Seitenwurzeln entspringen viele feine Fadenwurzeln die den Boden dicht durchwachsen. Nach ca. 4,5 Monaten verdicken sich einige Wurzeln beträchtlich und sprengen den umgebenden Boden regelrecht auf. Der Steinklee durchwurzelt den Boden sehr tief und schließt verdichtet Böden dadurch gut auf. Er bildet ca. 26,56 dt TM/ha Wurzelmasse. Die Knöllchenbildung ist reichlich (Maas, 1993; Preuschen und Bernath, 1983: 97).

Krankheiten / Schädlinge:

Vom Laub leben die Raupen von Bläulingsarten, von Eulen und von einem Sackträger, Gallen werden durch Gallmücken und Eriophyiden erzeugt. Rüsselkäfer können ebenfalls Gallen erzeugen und minieren auch in den Stängeln. Die pflanzlichen Schmarotzer sind größtenteils dieselben wie auf *Medicago* und *Trifolium* (z.B.: *Perenospora trifoliorum*, *Orobanche lutea*) (Hegi, 1975: 1237).

Verwendung:

Steinklee wird als Kulturpflanze erst seit relativ kurzer Zeit verwendet (zu Beginn wegen seines hohen Kumaringehaltes ausschließlich als Gründüngungspflanze). Mittlerweile erlauben kumarinarme Züchtungen auch die Nutzung als Futterpflanze. Trocknung und Silierung vermindern zusätzlich den Kumaringehalt. Der Ernteschnitt muß spätestens zur Knospenbildung erfolgen. Er liefert hohe Massenerträge und weist bessere Vorfruchtwirkung auf als Luzerne. Zur Gründüngung erfolgt der Umbruch bei einer Aufwuchshöhe von 20 - 30 cm. Blühender Steinklee ist eine beliebte Bienenweide. Im medizinischen Bereich werden die Blütensprossen zur Bereitung von *Species emollientes* gegen Verhärtungen, Beulen, Geschwüren und verschiedenen Schwellungen und äußerlich für Umschläge und Pflaster verwendet. In der Homöopathie werden aus den getrockneten Blüten Essenzen bereitet. Wegen des starken Kumarinduftes findet er auch seinen Einsatz in der Kosmetikindustrie. Als Hausmittel wird sein Geruch gegen Pelz- und Kleidermotten eingesetzt (Geisler, 1988: 434; Hegi, 1975: 1237; Maas, 1993).

Anbau:

- Stellung in der Fruchtfolge als Untersaat: kein negativer Einfluß durch zweijährigen Luzernenanbau am Fruchtfolgeanfang, jedoch Leguminosenanbau als Hauptfrucht während der folgenden Jahre vermeiden
- Saatbett: feinkrümelig
- keine Düngung nötig
- Saatgutmenge für Blanksaat: 25 - 30 kg/ha
- Saatgutmenge für Untersaat: 25 - 30 kg/ha abzügl. 10 - 15 %
- Impfung: flüssiges Impfmateriale, Rhiz.-Gruppe II

(N.N., Pflanzenbau II, 2000; Zederbauer, 2002)

3.4.4.3. WUNDKLEE (*Anthyllis vulneraria*)

von lat. *vulnerare* = verwunden

Stellung in der Systematik:

Überordnung:	Fabanae
Ordnung:	Fabales
Familie:	Fabaceae
Unterfamilie:	Faboideae
Gattung:	<i>Anthyllis</i>
Art:	Echter Wundklee

Morphologie:

Halbrosettenstaude mit einem kurzen, mehr oder weniger ästigen, vielköpfigen Wurzelstock und aufrechten oder aufsteigenden behaarten Stängeln, Laubblätter meist alle gefiedert und beiderseits behaart, Höhe: 5 - 40(60) cm, Blüten 9 - 19 mm lang, gelb, orange oder rötlich gefärbt, Samen eiförmig, glatt, glänzend, gelb und grün gescheckt, Blütezeit V - VIII/Herbst, meist zweijährig, seltener ein- oder mehrjährig, sehr formenreich (Abbildung 8). (Adler, et al., 1994: 467; Hegi, 1975: 1355; Rothmaler, 1991: 340).



Abb. 8

Verbreitung / Standort:

Allgemeine Verbreitung: fast ganz Europa, nördlich bis etwa 70 ° nördl. Breite (Skandinav., Nord-Russland), östlich bis zum Kaukasus und Vorderasien, südlich bis Nordafrika, bevorzugt trockene Gebiete (Trockenwiesen, trockene Föhrenwälder, Magerrasen), meidet stark gedüngte, feuchte Wiesen, ist gegen Dürre und Winterkälte sehr widerstandsfähig und kalkliebend häufig (Hegi, 1975: 1356 f; Preuschen und Bernath, 1983: 100).

Wurzelbildung:

Die Wurzeln verzweigen sich knapp unter der Erdoberfläche und bilden mehrerer gleich dicke Fadenwurzeln. Die Wurzelentwicklung erfolgt zwar langsam ist jedoch beträchtlich (es sind mindestens 4 Monate Wachstumszeit nötig, um das Wurzelbildungspotential einigermaßen zu nutzen). Wurzeltiefe: 20 - 30 cm. Die Wurzeln weisen endotrophe Mykorrhiza auf (Rhizobien-Bakt. Gruppe III im Handel, Impfung i. d. Praxis unüblich). Knöllchen sind bis 30 cm Tiefe zu finden (bei Reinkultur: bis auf 26 cm Tiefe 5597 kg trockene Wurzelrückstände / ha mit 114 kg Stickstoff) (Hegi, 1975: 1355; Preuschen und Bernath, 1983: 100).

Krankheiten / Schädlinge:

Minierende Raupen (*Gelechia anthylidella*); Fruchtknotenbefall durch Bläulingsraupen, Cecidomyiden erzeugen Blütengallen, Laubblattbefall durch *Mycophaerella vulneraria* und *Uromyces anthyllidis* (Hegi, 1975: 1363).

Verwendung:

Hoher Gründüngungswert durch große Wurzelmasse (trotz relativ geringer Grünmasse). Nutzung als Blanksaat, Frühjahrsuntersaat und Herbstuntersaat. Vorzügliche Vorfrucht für Getreide, Mais, Raps usw. Guter Mischungspartner für Untersaatgemische. Unkrautunterdrückung im Jugendstadium mäßig. Wirksam gegen Rübennematoden und Fußkrankheiten des Getreides. In der

Volksmedizin häufig für Teemischungen verwendet (Gerbstoffgehalt). Über den Futterwert liegen uneinheitliche Aussagen vor (von „mäßig“ bis „gutes, eiweißreiches Tierfutter“). Wird von Schafen und Ziegen gerne gefressen, von Rindern ungern und von Pferden nicht (bitter!). Der Nährstoffgehalt ist etwas geringer als bei Rotklee (Hegi, 1975: 1364; Preuschen und Bernath, 1983: 100).

Anbau:

- besonders geeignet für Standorte auf denen Luzerne, Rotklee, Weißklee und Esparsette wegen Trockenheit nicht mehr gut gedeihen
- Stellung in der Fruchtfolge als Untersaat: kein negativer Einfluß durch zweijährigen Luzernenanbau am Fruchtfolgeanfang, jedoch Leguminosenanbau als Hauptfrucht während der folgenden Jahre vermeiden
- benötigt ein feinkrümeliges Saatbett, bevorzugt aber eher verdichtete Böden
- pH-Wert nicht unter 6
- keine Düngung nötig.
- Saatgutmenge für Blanksaat: ca. 25 kg / ha
- für Untersaat: 25 kg minus 10 - 15 %
- Impfung: flüssiges Impfmaterail Rhiz.-Gruppe III

(N.N. Pflanzenbau II, 2000; Zederbauer, 2002)

3.4.4.4. WEISSKLEE (*Trifolium repens* L.)

Stellung in der Systematik:

Ordnung:	Fabales
Familie:	Fabaceae
Unterfamilie:	Faboideae
Gattung:	<i>Trifolium</i>
Art:	Weißklee

Morphologie:

Krautig, ausdauernder Hemikryptophyt mit kahlem kriechenden Stängel (Stolonen) von 5 – 30 cm Länge, selten bis 40 cm. Bildet an den Knoten Adventivwurzeln. Wuchshöhe 5 – 20 cm. Die Blätter sind wechselständig, dreizählig gefiedert, die Fiedern sind breit elliptisch bis verkehrt eiförmig, leicht gezähnt und 1 – 2,5 cm, selten bis 4 cm lang. Die Spreite ist kahl, meist lebhaft grün, häufig mit heller Querbinde. Der kugelige Blütenstand überragen auf auf 5 – 30 cm langen Stielen die Blätter. Sie bestehen aus 40 – 80 Blüten, sind etwa 2 – 2,5 cm im Durchmesser. Die Kronen sind weiß oder hellrosa, manchmal auch grünlich. Die Einzelblüten sind gestielt, nach der Blüte hängend und hellbraun. Blütezeit V – X. Die Hülsen sind linealisch, abgeflacht, mit dünner Wand und beinhalten 3 – 4 Samen. Samen eiförmig, rundlich, nierenförmig, schwefelgelb bis orange gelb (Abbildung 9) (Adler et al., 1994: 462; Rothmaler, 1991: 338, Wikipedia, Weißklee, 22.2.2011).

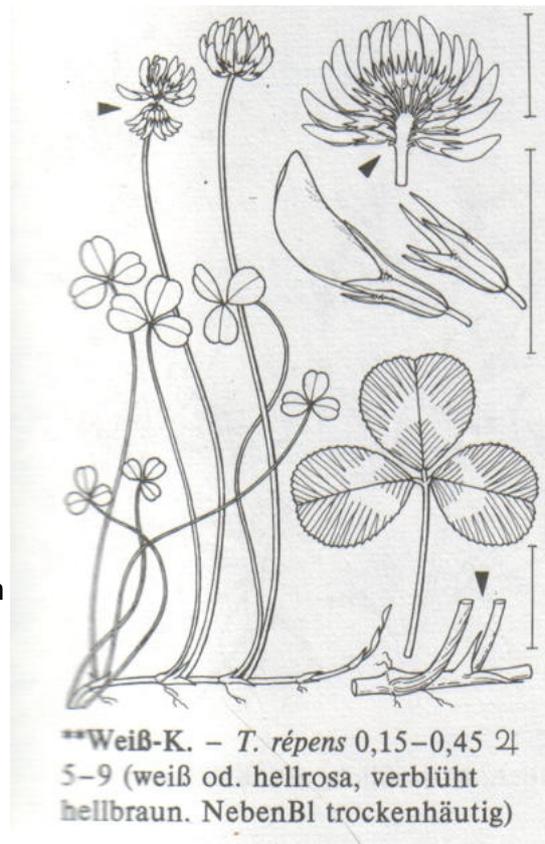


Abb. 9

Verbreitung / Standort:

Als Kulturpflanze und Futterpflanze wird er im gemäßigten und mediterranen Klima weltweit angebaut und ist in Europa weit verbreitet. Kommt in Mitteleuropa vom Meeressniveau bis 2200m Seehöhe (Alpen) vor. Gedeiht auch in tropischen Berglagen. Man findet ihn auf Wiesen, nährstoffreichen Fettweiden, Wegrändern, Äckern, Ufern sowie Parkrasen und Trittrasen. Er liebt nährstoffreiche, leicht kalkhaltige, lehmige und feuchte Böden. Erträgt Halbschatten, bildet aber bei steigendem Lichtangebot mehr Wurzelmasse und noduliert dadurch reichlicher. Meidet Trockenheit und stauende Nässe. Ist empfindlich gegen lang andauernde Schneebedeckung oder tiefe Temperaturen ohne Schneedecke. Verträgt Begehungen gut (Hartmann et al., 22.2.2011; Keller et. al, 1999: 762, 428; Rothmaler, 1991: 338; Wikipedia : Weißklee, 22.2.2011).

Wurzelbildung:

Der Weißklee entwickelt kleine dünne Pfahlwurzeln mit Seitenwurzeln, die sich flach im Boden ausbreiten. Die Durchwurzelung des Bodens ist von 0 – 20 cm Tiefe mäßig, unter 20 cm gering. In seltenen Fällen wachsen Wurzeln etwas tiefer in Spalten ein (80 – 100 cm). Die Primärwurzel versorgt mit Nährstoffen die Weißkleepflanze bis die Länge der Stolonen zu groß wird. Danach übernehmen die Adventivwurzeln der Kriechtriebe diese Funktion. In feuchten, kühlen Perioden bilden bewurzelte Stolonen neue Wachstumszentren (Keller et. al, 1999: 763; Preuschen und Bernath, 1983: 86 f).

Verwendung:

Sehr gute Futterpflanze. Der Gehalt an Nähr- und Mineralstoffen sowie Carotin ist hoch. Weißklee eignet sich gleichermaßen für Beweidung und Schnitt. Er ist für Untersaat und Stoppelsaat in ein- und mehrjährigen Gründungs- und Futternutzungs-Gemischen einsetzbar. Er wird auch zur Bodenbedeckung im Obst- und Weinbau verwendet. Die Erntereife ist bei Vollblüte erreicht. Die Verträglichkeit mit sich selbst bzw. gegenüber anderen Leguminosen ist gut. Durch die Ausläuferbildung bzw. Ausbildung neuer Wachstumszentren eignet er sich hervorragend zur Schließung lückiger Bestände. Weißklee ist auch eine wichtige Bienenweide mit sehr guter Nektar- und Pollen-Tracht (Keller et al.,1999: 765; Preuschen und Bernath, 1983: 87; Wikipedia : Weißklee, 22.2.2011;) .

Krankheiten / Schädlinge:

Weißklee kann bei ungünstigen Standort- und Witterungsverhältnissen von Kleekrebs (*Sclerotinia trifolium*) und Fusariumarten (*Fusarium* spp.), die Wurzelfäule auslösen, befallen werden. Blattfleckenkrankheiten und Kleeschwärze (*Cymadothea trifolii*), die den Östrogengehalt der Pflanzen erhöhen oder Geschwüre an den Mäulern weidender Tiere hervorrufen, können sogar zu Todesfällen führen. Klappenschorf (*Pseudopeziza trifolii*), Blattbrand (*Leptosphaerulina trifolii*) und Rostpilze (u.a. *Uromyces trifolii*) sind ebenfalls Krankheiten, die Weißklee befallen können. Der Befall mit Echtem Mehltau (*Erysiphe trifolii*) kann bei frischer Verfütterung des Klees ernsthaften Gesundheitsstörungen auslösen. Stock- und Stängelälchen (*Ditylenchus dipsaci*), Kleezystenälchen (*Heterodera trifolii*) und Wurzelgallenälchen (*Meloidogyne hapla*) können Weißklee-Erträge deutlich vermindern. Schädigende Insekten sind hauptsächlich Drahtwürmer, Maikäfer-Engerlinge, Erdraupen und Erdschnaken-Larven. Kleespitzmäuschen und Kleesamenrüssler schädigen die Samenanlagen und damit den Kleesamenertrag (Keller et al., 1999: 764).

Anbau:

- gute Vorfruchtwirkung
- in der Fruchtfolge ist eine Pause von 5 Jahren (beim Anbau von Klee-grasgemischen) einzuhalten
- pH-Wert: , 5,6 – 7, leicht alkalisch
- Aussattermin: III – VIII
- Keimtemperatur: ab 3 ° C
- Saatgutmenge: 8 – 12 kg / ha
- Saattiefe: 1 – 2 cm
- Drillweite: 15 – 20 cm

(Preuschen und Bernath, 1983: 86 f)

3.4.4.5. GRASMISCHUNG:

Wiesen-Schwingel (*Festuca pratensis*)

Der WiesenSchwingel ist ein ausdauerndes Obergras mit einer Wuchshöhe zwischen 30 und 120 cm. Er bildet lockere Horste mit kurzen Rhizomen aus, die nur wenig zu geschlossener Rasenbildung führen. Der Bodenraum von 0 bis 10 cm wird vollkommen von Wurzeln durchwachsen. Bis zu 20 cm Tiefe findet man noch immer viel Wurzeln die teilweise bis 30 cm Tiefe vordringen. Der Wiesen-Schwingel ist ein sehr wertvolles, weidefestes Futtergras, das gerne gefressen wird. Geeignet für mehrjährige Gründüngungs- und Futtermischungen.

Zusammengestellt aus:

Aichele, Schwegler, 1991: 134; Preuschen und Bernath, 1983: 108; Internet: Wikipedia: Wiesen Schwingel, (10.2.2010).

Schaf-Schwingel (*Festuca ovina* agg.)

Der Echte Schaf-Schwingel ist ein mehrjähriger Hemikryptophyt und gehört zur Artengruppe der Schaf-Schwingel. Wuchshöhe: 10 – 30 cm, selten bis 60 cm. Er entwickelt dichte, frisch-grüne Horste. Es werden weder Stolonen noch Rhizome ausgebildet. Erneuerungsknospen entwickeln sich aus den unteren Blattscheiden. Er bildet stark ausgeprägte, bis in 2,5 m Tiefe reichende Wurzelsysteme. Hochwüchsige Unterarten werden zur Bodenverbesserung in Form von Getreide-Untersaaten genutzt, die im Herbst in den Boden eingearbeitet werden. Das gut entwickelte Wurzelwerk verwittert rasch und verbessert so die Bodenqualität.

Zusammengestellt aus:

Aichele, Schwegler, 1991: 130. Internet: Hartmann, et al, Lfl. Pflanzenbau, (22.2.2011); Saatzucht Steinach, (22.2.2011); Wikipedia: Echter Schaf- Schwingel, (10.2.2011).

Rot-Schwingel (*Festuca rubra* agg.)

Die formenreichen Arten dieser Gruppe sind mehrjährige, anspruchslose Hemikryptophyten. Sie wachsen locker bis dicht, rasig oder in Horsten und bilden dünne, kriechende Rhizome aus. Wuchshöhe: 20 – 100 cm. Die Hauptmasse der Wurzeln ist in einer Bodentiefe von 0 - 10 cm zu finden und bildet in den oberen 5 cm einen Wurzelfilz. Zwischen 10 und 20 cm sind nur mehr wenige Wurzeln vorhanden, noch tiefer keine mehr. Rot-Schwingel sind ertragreiche und hochwertige Futtergräser. Sie sind weidefest und ein wichtiges Gras für Rasenanlagen und Böschungen.

Zusammengesstellt aus:

Aichele, Schwegler, 1991: 132; Preuschen und Bernath, 1983: 117. Internet: Wikipedia: Rot – Schwingel, (20.2.2011).

Glatthafer (*Arrhenaterum elatius*)

(Französisches Raygras)

Der Glatthafer ist ein ausdauerndes und lockere Horste bildendes Obergras. Die Halme erreichen eine Wuchshöhe zwischen 60 und 150 cm. Er bildet keine Ausläufer und nur selten sehr kurze Rhizome. Die gelblichen Wurzeln bilden bis 20 cm Bodentiefe viel Masse aus Feinwurzeln. Teilweise erreichen die Wurzeln auch eine Tiefe von 30 cm. Der Glatthafer ist ein ertragreiches Futtergras und wird in Grasmischungen für die Heugewinnung verwendet. Als Grünfutter wird er ungerne gefressen, da er durch seinen Gehalt an Saponinen bitter schmeckt.

Zusammengestellt aus:

Aichele, Schwegler, 1991: 112; Preuschen und Bernath, 1983: 104. Internet: Wikipedia: Gewöhnlicher Glatthafer, (20.2.2011).

3.4.4.6. ZWISCHENFRUCHT – GEMENGE

Saatwicke (*Vicia sativa*)

(Sommerwicke, Futterwicke, Ackerwicke)

Die Saatwicke ist eine einjährige, krautige Kulturpflanze mit starker Variabilität, die sich aus ihrer Stammform *V. angustifolia* entwickelt hat. Der dünne Stängel erreicht eine Länge von von 50 –100 cm. Die Laubblätter bilden am oberen Ende eine geteilte Wickelranke aus und sind 3 - bis siebenpaarig gefiedert. Die kurz gestielten Blüten stehen einzeln oder zu zweit in den Blattachseln. Die Kronblätter sind purpurrot bis Violett gefärbt. Es ist neben Fremdbefruchtung auch Selbstbefruchtung möglich. Die reifen Hülsen sind braun und stehen aufrecht. Sie ist eine eher anspruchslose Pflanze und wird seit der Römerzeit als Futter- und Gründüngungspflanze genutzt. Sie wird für Pferde- und Taubenfutter angebaut. Die Saatwicke weist einen hohen Eiweißgehalt auf und ist in der Nährstoffzusammensetzung mit der Ackerbohne vergleichbar. Das Wickenstroh wird als gutes Futter bewertet.

Zusammengestellt aus:

Keller et al., 1999: 813. Internet: Uni-Giessen: Saatwicke, (3.3.2011).

Platterbse (*Lathyrus sativus*)

(Saatplatterse, Futterplattebse)

Die Platterbse ist eine sehr alte Kulturpflanze. Die einzige essbare Art (*Lathyrus sativus*) ist einjährig, kann aber im Klima des Mittelmeerraumes auch über Winter kultiviert werden. Die Stängel sind rankend, vierkantig, deutlich geflügelt, am Grund stark buschig verästelt und 30 bis 120 cm lang. Die Blätter sind einpaarig gefiedert und enden in mehrfach geteilte Wickelranken. Die Blüten stehen allein oder zu zweit an einem Stiel in den Achseln eines Nebenblattpaares. Die Blütenkrone ist stark unsymmetrisch, weiß gefärbt, zum Teil geädert. Die Hülsen sind flach, langoval und geschnäbelt. Sie enthalten 3 bis 4 elfenbein- bis grünlichweiße Samen. Andere Formen haben blaue, rosa, violette oder bunte Blüten und graugrüne, braune und oft gesprenkelte Samen. Sie entwickelt keine Pfahlwurzel sondern mehrere kräftige Wurzeln mit vielen feinen Seitenwurzeln. Die Hauptmasse der Wurzeln liegt zwischen 0 und 20 cm Tiefe.

In Form einer Stoppelsaat ist sie in Mischungen für Gründüngung und Futtergewinnung einsetzbar, als Hauptfrucht gemeinsam mit einer Stützfrucht angebaut dient sie der Samengewinnung. Ihr Eiweißgehalt ist sehr hoch. Sie gibt ausgereift ein sehr gutes Mastfutter für Schweine und Rinder. Als Grünfutter ist sie für alle Vieharten geeignet. Sie kann auch siliert werden.

Zusammengestellt aus:

Keller et al., 1999: 756; Preuschen und Bernath,1983:74. Internet: Uni-Giessen: Saat-Platterbse, (4.3.2011); Wikipedia: Platterbse (20.2.2011).

Peluschke (*Pisum arvense*)

(Felderbse, Futtererbse)

Die Peluschke ist eine sehr alte Kulturpflanze. Sie ist eine kleinkörnige Erbsenart. Ihre Wuchshöhe beträgt 100 – 200 cm. Ihre Blätter sind drei- bis fünfpaarig gefiedert mit mehrfach verzweigten Ranken an den Enden. Die Blüten sitzen einzeln oder zu zweit in den Blattachseln. Sie sind weiß oder rosa bis violett gefärbt. Sie entwickelt kurze Pfahlwurzeln mit einigen Seitenwurzeln. Die Hauptwurzelmasse liegt in 0 – 15 cm Tiefe. *Pisum arvense* ist mit *Pisum sativum* kreuzbar. Sie eignet sich als Stoppelsaat zur Gründüngung und Grünfuttererzeugung, benötigt dabei allerdings eine Stützpflanze. Sie wird auch in Leguminosen-Gemischen eingesetzt oder im Gemenge mit Getreide angebaut. Als Grünfutter wird sie von allen Tieren gerne gefressen. Die Futtererbse ist auch für Silagen geeignet. Sie liefert von allen Leguminosen das beste Stroh.

Zusammengestellt aus:

Keller et al., 1999:782; Preuschen und Bernath, 1983: 73.

Gemeiner Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*)
(Heiden, Heidenkorn, Blenden, Türkischer Weizen)

Der Gemeine Buchweizen ist eine krautige, rasch wachsende, einjährige Pflanze und erreicht eine Wuchshöhe von 20 – 60 cm. Die herzförmigen, pfeilförmig zugespitzten Blätter sind wechselständig, die Nebenblätter sind zu einer „Ochrea“ verwachsen. Die zwittrigen Blüten bilden kurze Doldenrispen und sitzen blattwinkel- oder endständig. Die weiß- bis rosa-farbigen Blüten werden hauptsächlich durch Bienen oder Schwebefliegen bestäubt und entwickeln dreikantige 4 – 6 mm lange Nüsschen (Achänen). Mehrere mittelfeine Wurzeln, die weitere Feinwurzeln entwickeln, durchwachsen den Boden gleichmäßig bis in 30 cm Tiefe. Der Buchweizen gilt als wertvolles, glutenfreies Nahrungsmittel. Er ist eine sehr gute Bienentracht-Pflanze und wird auch als Mischungspartner in Gründüngungs-Gemischen für Stoppelsaaten eingesetzt.

Zusammengestellt aus:

Preuschen und Bernath, 1983: 124; Internet: Wikipedia: Echter Buchweizen, (22.2.2011).

Phazelia (*Phacelia tanacetifolia*)
aus dem griechischen phakelos (φακελος): Büschel
(Bienenfreund, Büschelschön, Rainfarn-Phazelia)

Phazelia tanacetifolia ist ein einjähriger aufrecht wachsender, rauhaariger Therophyt mit wechselständig angeordneten, gefiederten Laubblättern. Wuchshöhe: (20) 30 – 70 (80) cm. Blütenfarbe hellblau. Nach der Bestäubung durch Hymenoptera werden zweifächerige, behaarte Kapsel Früchte ausgebildet. Sie entwickelt eine dicke Pfahlwurzel die sich nach ca. 8 cm verzweigt und Feinwurzeln ausbildet. Die Hauptwurzelmasse liegt in 0 bis 20 cm Tiefe. Sie wird als Mischungspartner in Gründüngungsmischungen für Stoppelsaaten verwendet. Als Gründüngungspflanze setzt man sie wegen ihrer Zugehörigkeit zur Unterfamilie der Hydrophylloideae gerne zur Auflockerung der Fruchtfolge ein. Sie ist auch eine sehr wertvolle Bienenweidepflanze. Ihr Futterwert ist eher gering.

Zusammengestellt aus::

Adler et.al, (1994); Preuschen und Bernath, 1983:123; Internet: Wikipedia , Phazelia (20.2.2011).

3.4.5. Übersicht der Arbeitstermine am Feld

Tab. 1: Arbeitstermine am Feld

Terminplan 2001 - 2002

Jahr Monat	2001			2002									
	Okt.	Nov.	Dez.	Jän.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.
wichtige Phasen bei US, ZW, WR, WW	WR WW Aus- saat						US- Einsaat 3.4.				WR/WW Ernte * ZW- Auss. **		
N _{min} Bodenproben						12.						17.	
N-Probenahme WR										5. - 10.			
N - Probe US+ZW+Wurz.												9. - 13. 17./19.	
FM / TM - WR										5. - 10.			
FM / TM - US (+ ZW)										5. - 10.		9. - 13.	
Wuchshöhe US (+ ZW)								13./14.	24.	23.	19.	19.	
Belichtungs- Messung									21. entfällt				
Boden - H ₂ O FDR-Sonde									6./20.	15./24.	20./30.	19.	
Bonitur ***								13./14.	24.	23.	19.	17./19.	
Umbruch												23.	

* 11.7. - 16.7.2002

** 19.7. gegrubbert, 21. 7. Zwischenfrucht - Aussaat

*** Beikrautdicke und Bodenbedeckung

US = Untersaat, ZW = Zwischenfrucht, WR = Winter-Roggen, WW = Winter-Weizen, FM = Frischmasse, TM = Trockenmasse, N = Stickstoff

Tabelle 1 enthält einen Überblick über die Arbeitstermine von der Deckfruchtaussaat im Oktober 2001 bis zum Umbruch der Untersaaten im September 2002. **Tab. 1:** Arbeitstermine am Feld

3.4.6. Saatgut- und Bodenvorbereitung

3.4.6.1. Prüfung der Keimfähigkeit

Das für den Versuch verwendete Saatgut wurde in vierfacher Wiederholung auf seine Keimfähigkeit überprüft. Der Keimtest erfolgte in durchscheinenden Plastikschaalen auf Filterpapier (test on paper). Auf den Boden der Keimschaalen wurden 2 Lagen glattes Filterpapier gelegt. Darauf kam genormtes, zick-zack-gefaltetes Filterpapier, das mit ca. 30 ml Leitungswasser (lau temperiert) angefeuchtet wurde. Eventuell entstandenes Überschusswasser wurde entfernt. In die Falten des Filterpapiers wurden jeweils pro Keimschale 100 Stück von kleinen Samen und 50 Stück großer Samen gelegt, die einander nicht berühren durften. Nach der Befüllung wurden die Plastikschaalen verschlossen und bei Zimmertemperatur und natürlich wechselndem Tageslicht gelagert. Die erste Lüftung und Keimkontrolle erfolgte nach 3 Tagen. Die Keimungskontrolle wurde danach jeden zweiten Tag durchgeführt, gekeimte oder verdorbene Samen entfernt und deren Anzahl protokollarisch festgehalten (Abb. 10 und 11). Sobald nach 2 Kontrollen keine weitere Samenkeimung je Schale zu erkennen war, wurde der Keimtest beendet. Die Keimfähigkeit wurde in % angegeben (100 % = 100 bzw. 50 Samenkörner / Schale).

KEIMPROBE: ϕ Keimung (Dose 1-4): 71,5%

KULTURART: Wundkele „Trebický“ (RNA)

Eingekeimt am: 12.2.2002 Abgeschlossen am: 27.2.2002
je 100 Samen in Dose 1 u. 2

TAG fortlfd.	KEIME		TAG fortlfd.	KEIME		TAG fortlfd.	KEIME	
	1	2		1	2		1	2
1 12.2.	/	/	15			29		
2	/	/	16			30		
3	/	/	17			31		
4 15.2.	46	44	18			32		
5 16.2.	27	18	19			33		
6 17.2.	3	2	20			34		
7 18.2.	2	2	21			35		
8 20.2.	ϕ	ϕ	22			36		
9 21.2.	ϕ	ϕ	23			37		
10			24			38		
11			25			39		
12			26			40		
13			27			41		
14			28			42		

73 66

Mittlere Keimdauer in Tagen:

Zahl der gekeimten Samen: 1/73 Stück 2/66 Stück

Keimung (in %): 1/73% 2/66%

Ungekeimt (in %): 1/27 Stück 2/34 Stück

Hart: Faul:

Abb. 10:

Formblatt für die
Keimfähigkeitskontrolle

Seite 1

KEIMPROBE:

KULTURART: Wundkele „Trebický“ (RNA)

Eingekeimt am: 12.2.2002 Abgeschlossen am: 27.2.2002
je 100 Samen in Dose 3 u. 4

TAG fortlfd.	KEIME		TAG fortlfd.	KEIME		TAG fortlfd.	KEIME	
	3	4		3	4		3	4
1 12.2.	/	/	15			29		
2	/	/	16			30		
3	/	/	17			31		
4 15.2.	52	59	18			32		
5 16.2.	17	10	19			33		
6 17.2.	2	2	20			34		
7 18.2.	1	1	21			35		
8 20.2.	1	2	22			36		
9 21.2.	ϕ	ϕ	23			37		
10			24			38		
11			25			39		
12			26			40		
13			27			41		
14			28			42		

73 74

Mittlere Keimdauer in Tagen:

Zahl der gekeimten Samen: 3/73 Stück 4/74 Stück

Keimung (in %): 3/73% 4/74%

Ungekeimt (in %): 3/27 Stück 4/26 Stück

Hart: Faul:

Abb. 11:

Formblatt für die
Keimfähigkeitskontrolle

Seite 2

3.4.6.2. Aussaatmengen-Berechnung

Das Tausendkorn-Gewicht (TKG) wurde von der Verwaltung der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur in Groß Enzersdorf ermittelt. Nach der Berechnung der Saatgutmengen pro Fahrt und Parzelle (die Aussaat erfolgte mit einer Parzellensähmaschine in 4 Fahrten pro Parzelle) wurden die entsprechenden Samenportionen in Säckchen abgefüllt und für die Aussaat bereitgestellt (Tab. 4).

SAATMENGEN – ÜBERSICHT

Parzellengröße: 62,40 m² (5,20 m x 12 m)
 Fahrten pro Parzelle: 4
 pro Fahrt: 15,6 m²

Tab. 2 : Saatmengen-Übersicht

Kulturart	Samenvorrat [kg]	Aussaatmenge [kg/ha]	Keimfähigkeit [%]	TKG [g]	g / Parz.	Verhältnis [%]	g / Fahrt	g für Mischg.	Körner pro [m ²]	Säckchen Anzahl	Material pro Säckch. [g]
Wundkl.	2,0	25,0	71,5	2,50	218,18	100	54,55	54,55	1399	32	1745,5
Steinkl.	2,0	25,0	64,5	2,00	241,86	90	60,47	54,42	1938	32	1741,4
Weißkl.	1,0	10,0	76,5	0,60	81,57	10	20,39	2,04	2179		65,3
Luz.	2,0	25,0	87,3	2,20	178,80	100	44,70	44,70	1302	32	1430,4
Wiesenschwgl.	1,0	45,0	91,0	2,84	308,57	25	77,14	19,29	1741	16	308,6
Schafschwgl.	1,0	30,0	62,5	1,71	299,52	25	74,88	18,72	2807		299,5
Rotschwgl.	1,0	30,0	92,0	1,68	203,48	25	50,87	12,72	1941		203,5 g
Glatt- hafer	1,0	50,0	55,8	4,52	559,64	25	139,91	34,98	1984		559,6
Platt- erbse	3,2	170,0	93,5	232,80	1134,55	20	283,64	56,73	78	32	1815,3
Buch- weizen	3,0	75,0	94,0	31,04	497,87	20	124,47	24,89	257		796,6
So.- Wicke	2,3	165,0	94,0	66,18	1095,30	20	273,83	54,77	265		1752,5
Feld- erbse	3,0	180,0	96,0	143,82	1170,00	20	292,50	58,50	130		1872,0
Phazel.	1,0	12,5	81,0	3,16	96,30	20	24,07	4,81	488		154,1

Die Mischungspartner (Gräsermischung, Zwischenfruchtmischung Steinklee/Weißklee) wurden mit gemeinsamer Hintergrundfarbe unterlegt.

3.4.6.3. Bodenvorbereitung und Aussaat

Am 28.3.2002 wurden die Versuchspartzen mit den Deckfrüchten Winterweizen und Winterroggen einmal gestriegelt. Die Aussaat der Untersaaten erfolgte am 3.4.2002. Die Saatzeilen der Untersaat wurden quer zu den Deckfrucht-Saatzeilen angelegt. Nach erfolgter Aussaat wurden die Partzen nochmals gestriegelt und danach gewalzt.

Die Aussaat der Zwischenfrucht-Mischung erfolgte nach der Getreideernte am 21.7.2002 nachdem die entsprechenden Versuchsflächen gegrubbert und gefräst worden waren. Die 0-Partzen wurden nach der Deckfruchternte nur gegrubbert und blieben brach.

Alle Versuchspartzen blieben ungedüngt.

Die Reihenweiten für Untersaat und Zwischenfrucht betragen jeweils 12 cm.

3.4.7. Bonituren

3.4.7.1. Wuchshöhe

Die Aufwuchshöhe der Untersaaten und der Zwischenfrucht wurde ab der vierten Woche nach der vollen Keimblattentwicklung (Juni 2002) an jeweils 4 Stellen des Kernbereichs der Partzen überprüft. Kernflächen ergeben sich aus der Partzen-Gesamtfläche (hier 5,20 m x 12,-- m) abzüglich 0,5 m – 1 m breiten umgebenden Randzonen. Maßeinheit: cm. Die Messungen erfolgten in vierwöchigen Intervallen bis September 2002 (siehe auch Tab. 1). Es wurde der Aufwuchs in natürlicher Lage gemessen. Bei starker Ungleichheit wurden die Messwerte der niedrigsten und höchsten Bestände neben der überwiegenden Bestandshöhe zusätzlich festgehalten.

3.4.7.2. Bodenbedeckung

Zur Bewertung der Bodenbedeckung durch die verschiedenen Untersaaten und der Zwischenfrucht wurden jeweils 3 x 1 m² große Kernflächenbereiche der Versuchspartzen markiert. Innerhalb dieser 3 Kernzonen wurden je m² der unbedeckte Bereich prozentuell erfasst (1 % = 1 dm²) und die durchschnittliche Lückigkeit berechnet. Im Umkehrschluss ergab sich der Umfang der Bodenbedeckung:

100 % Bodenbedeckung abzüglich Durchschnitt der Lückigkeit (in %) = Durchschnitt der prozentuellen Bodenbedeckung / Partzele.

Die Bonituren erfolgten in monatlichen Abständen ab Juni 2002 bis September 2002 (siehe Tab. 1).

3.4.7.3. Beikraut

In den markierten Kernbereichen der Partzen (3 x 1m²) wurde ab dem Zeitpunkt der Deckfrucht-Ernte (11.7. - 16.7.2002) bis zum Umbruch der gesamten Versuchsfläche (23.9.2002), einmal pro Monat der Bestand an unerwünschtem Aufwuchs geschätzt. Der durchschnittliche Bestand an Beikräutern auf den bonitierten Flächen wurde in % angegeben (1 % = 1 dm²). Eine botanische Bestimmung der Beikrautarten wurde nicht vorgenommen.

3.4.7.4. Vitalität

Die Vitalität, das heißt der Gesamteindruck von Gesundheit, Wüchsigkeit und erkennbarem Wohlbefinden des Aufwuchses der Untersaaten und der Zwischenfrucht, wurde gleichzeitig mit oben angeführten Boniturterminen durchgeführt und nach folgender Skala beurteilt:

- 0 = Totalausfall bis kümmerlicher Restbestand
- 1 = vorwiegend kümmernder Bestand
- 2 = mäßig vital
- 3 = mittelmäßig / akzeptabel vital
- 4 = schöner, vitaler Bestand
- 5 = sehr schöner, üppiger, hervorragender Bestand

3.4.8. Bestimmung von Frisch- und Trockenmasse

Die Bestimmung der Frisch- und Trockenmasse der oberirdischen Pflanzenteile von Winterroggen, Winterweizen und allen Untersaaten erfolgte zum Zeitpunkt der Getreideernte im Juli 2002 . Eine zweite Frisch- und Trockenmasse-Bestimmung erfolgte im September 2002. Zu diesem Termin wurden oberirdische und unterirdische Pflanzenteile den Versuchspartellen mit der Deckfrucht Winterroggen entnommen (siehe Tab.1). Von den Partellen mit der Deckfrucht Winterweizen erfolgte nur die Bestimmung der oberirdisch wachsende Teile.

3.4.8.1. Frisch- und Trockenmasse-Bestimmung des Aufwuchses

Der Schnitt der Proben wurde auf jeweils 3 x 1 m² Entnahmefläche aus dem Kernbereichen der Partellen geplant. Aus Zeitmangel - die Ernte der Deckfrüchte hatte bereits begonnen - mussten die Entnahmeflächen von anfänglich 3 m² auf 2 m² und zuletzt auf 1 m² der Kernflächenbereiche reduziert werden.

Der Pflanzenaufwuchs wurde händisch geschnitten. Teilweise sofort bodeneben, in manchen Fällen getrennt als Aufwuchs und Stoppelanteil. Der gesamte Frischmasseanteile der Untersaat, der Deckfrucht und der Beikräuter wurden sofort am Feld mittels elektronischer Waage auf Gramm genau abgewogen.

Zur Bestimmung der Trockenmasse wurden von allen Frischmasse-Proben Portionen entnommen, grob zerkleinert, gewogen und bei 105 °C 48 Stunden bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und nochmals gewogen. Von den Beikräutern wurde keine Trockenmasse bestimmt. Die Körner der Deckfrüchte wurden nicht getrocknet, sondern ein Feuchtegehalt von 14 % angenommen. Von den Stängel und Stoppeln des Winterweizens wurden nur die Frischmassen bestimmt.

3.4.8.2. Frisch und Trockenmasse - Bestimmung der Wurzelmenge

Die Gewinnung der Wurzelmasse wurde mit Hilfe einer Wurzelsonde durchgeführt. Es erfolgten 2 Einstiche pro Partelle (Tiefe: 60 cm) . Die Wurzelproben wurden nach Horizonten geteilt (0 - 30cm und 30 - 60cm Tiefe) getrocknet (60° C) und abgewogen. Danach wurden in einer Wurzelwaschanlage (Hydropneumatic Elutriation System, Gillisons Variety Fabrication Inc., USA, Siebweite 760 µm) die Wurzeln von der anorganischen Masse (Steine, Erde) befreit. Anschließend erfolgte die händische Entfernung der verbliebenen organischen Verunreinigungen. Die gesäuberte Wurzelmasse wurde im Trockenschrank bei 60 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und gewogen.

3.4.9. Bestimmung der Stickstoff-Fixierleistung der Leguminosen

Um die Fixierleistung von Leguminosen feststellen zu können, sind folgende Daten notwendig:

- Bestimmung des N_{\min} zum Zeitpunkt der Probenahme aller Pflanzenteile
- Stickstoffgehalt aller Pflanzenteile (incl. Wurzeln)
- davon Anteil des bodenbürtigen Stickstoffs berechnen
- Berechnung der biologischen Stickstoff-Fixierung nach der Differenzmethode

3.4.9.1. Bestimmung des N_{\min}

Unter N_{\min} - Gehalt eines Bodens versteht man den mineralischen, in anorganischer Verbindung vorliegenden Stickstoff, der in dieser Form direkt pflanzenverfügbar ist. Er setzt sich aus austauschbar gebundenem Ammonium- und Nitrat-Stickstoff zusammen und wird in kg N/ha angegeben (ÖNORM L 1091 (1999)). Die Bestimmung des N_{\min} erfolgt zum Zeitpunkt der Probenahme aller Pflanzenteile.

Zur Feststellung des Gehaltes an N_{\min} wurden pro Versuchsparzelle 6 Einstiche bis zu einer Tiefe von 90 cm vorgenommen. Die Bodenproben wurden noch am Feld nach 3 Horizonten getrennt (0-30 cm, 30-60cm, 60-90 cm), gemischt, gekühlt zum Labor transportiert und bei $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ gelagert. Für die Analyse wurden die Bodenproben bei $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ langsam aufgetaut und händisch homogenisiert. Anschließend wurden je 50 g Boden in Kunststoff-Flaschen eingewogen, mit 200 ml $0,0125\text{ M CaCl}_2$ - versetzt und in einer Schüttelmaschine eine Stunde lang geschüttelt. Die Bodenlösung wurde danach durch einen N-freien Faltenfilter filtriert, die ersten 30 ml des Filtrats verworfen und nur ein kleiner Teil zur weiteren Behandlung in dicht verschließbare Kunststoff-Fläschchen abgefüllt, die bis zur NO_3^- -Messung wieder tiefgekühlt aufbewahrt wurden. Zur Bestimmung des Nitrat-Gehaltes wurden je 5 ml des Filtrats in 2 Reagenzgläser gefüllt, in beiden Gläsern je 1 ml verdünnte H_2SO_4 zugegeben und danach mit 20 ml Extraktionslösung aufgefüllt. Eines der aufbereiteten Filtrate wurde zur photometrischen Messung der Konzentration von NO_3^- im Extrakt verwendet. Die Messung erfolgte bei 210 nm. Der zweiten Probe wurden 4-5 Zinkgranalien zugegeben, um die Reduktion des Nitrats zum Nitrit zu erreichen. Nach zwei Tagen ungekühlter Lagerung und vollständiger Reduktion wurde diese Probelösung auch photometrisch gemessen. Die Differenz zwischen der ersten und zweiten Messung (reduziertes und nicht reduziertes Filtrat) ergab den Nitratgehalt der einzelnen Bodenproben.

Der Gehalt an Nitrat wurde um den gravimetrisch bestimmten Feuchtegehalt des Bodens korrigiert und mit der Lagerungsdichte der jeweiligen Bodenhorizont-Schichte auf kg N / ha hochgerechnet.

Bodendichte: Horizont 1 (0 - 30 cm): $1,29\text{ g/cm}^3$
Horizont 2 (30 – 60 cm): $1,29\text{ g/cm}^3$
Horizont 3 (60 – 90 cm): $1,33\text{ g/cm}^3$

Berechnung der gravimetrischen Bodenfeuchte:

Abgewogene naturfeuchte Bodenprobe bei $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis zur Gewichtskonstanz trocknen und wieder wiegen. Der Wassergehalt der Bodenprobe wird mit folgender Formel bestimmt:

$$\text{Wassergehalt [\%]} = \frac{(\text{Gewicht der naturfeuchten Probe}) - (\text{Gewicht der getrockneten Probe}) \times 100}{(\text{Gewicht der getrockneten Probe})}$$

Der Ammonium-Gehalt wurde nicht bestimmt, da bei parallel laufenden Versuchen am selben Areal die Ammoniumgehalte der Bodenproben vernachlässigbar gering waren und angenommen werden konnte, dass der Ammonium-Gehalt auch hier unbedeutend war.

3.4.9.2. Bestimmung des Stickstoffgehaltes aller Pflanzenteile

Aus dem Pflanzenmaterial zur Bestimmung der oberirdischen und unterirdischen Frischmasse wurden Portionen entnommen, grob zerkleinert, gewogen und bei 60 °C getrocknet. Danach wurde das Probematerial in einem Keramikmörser händisch so fein wie möglich zermahlen und an das Labor des Pflanzenbau-Instituts der Universität für Bodenkultur zur C/N Analyse per „LECO C/N-Analyzer“ übergeben.

Die erhaltenen Werte des Probematerials wurden anschließend mit der Formel N-Ertrag = Trockenmasse-Ertrag x N - Gehalt der Probe [%] auf kg/ha hochgerechnet.

3.4.9.3. Bestimmung des bodenbürtigen Stickstoffs in den Pflanzen

Um vom Stickstoff-Gehalt der Pflanzen auf den Stickstoffanteil, der dem Boden entzogen wurde, schließen zu können, ist folgende Berechnung anzustellen (STÜLPNAGEL, 1982):

$$\text{Bodenstickstoff in } US_{Leg} \text{ oder } ZW = N \text{ der } US_{Ref} - (N_{min} \text{ unter } US_{Leg} \text{ oder } ZW - N_{min} \text{ unter } US_{Ref})$$

dim N = [kg/ha]

- N = NO₃ Stickstoff
- N_{min} = mineralischer, direkt pflanzenverfügbarer Stickstoff,
- US = Untersaat,
- US_{Leg} = Leguminosen-Untersaat
- US_{Ref} = Referenzpflanze (Gras-Untersaat)
- ZW = Zwischenfrucht

Die Bodenproben für diese N_{min} – Untersuchungen wurden zum Zeitpunkt der Probenentnahme der Untersaat-Varianten, der Zwischenfrucht und der Referenzfrucht gezogen (siehe Tab.1).

3.4.9.4. Bestimmung der biologischen Stickstoff-Fixierung

Die Bestimmung der biologischen Stickstoff-Fixierung erfolgt nach der Differenzmethode (HAUSER, 1987) und beruht auf dem Vergleich zwischen der Gesamtstickstoffaufnahme einer nodulierenden Leguminose und der N-Fixierleistung einer nicht nodulierenden Referenzpflanze (z.B. Gras). Beide müssen zur selben Zeit und auf vergleichbaren Standorten angebaut worden sein und die Möglichkeit haben, über eine annähernd gleiche Wurzelverteilung Stickstoff aufzunehmen. Zusätzlich muß der N_{min} der Standorte zur Zeit der Beprobung bekannt sein.

$$N_2\text{-Fixierungleistung} = (N \text{ der Gesamtpflanze } Leg - N \text{ der Gesamtpflanze } Ref) +$$

$$+ (N_{min} \text{ im Boden } Leg - N_{min} \text{ im Boden } Ref)$$

dim N₂ = [kg/ha]

$Gesamtpflanze_{Leg}$ = oberirdischer und unterirdischer Pflanzenbestandteil der Leguminose

$Gesamtpflanze_{Ref}$ = oberirdischer und unterirdischer Pflanzenbestandteil der Referenzpflanze

3.4.10. Bestimmung der Stickstoff – Flächenbilanz

Die Stickstoff - Flächenbilanz ergibt sich aus folgender Formel (CHALK, 1998):

$$N\text{-Bilanz} = N_{fix} - N_{harv}$$

dim N = [kg/ha]

N_{harv} = Die Stickstoffmenge die mit dem Erntegut von den Versuchspartzen entfernt worden ist (hier Korn und Halm der Deckfrucht)

N_{fix} = Die Stickstoffmenge, die in allen auf den Versuchspartzen verbliebenen Pflanzenteilen enthalten ist (entweder durch Leguminosen symbiotisch gebundene oder aus dem Boden aufgenommene)

3.4.11. Bodenfeuchte-Messungen mittels FDR-Sonde

Die Bodenfeuchte-Messungen wurden mit Hilfe einer transportablen FDR-Sonde (Frequency Domain Reflectory) durchgeführt, die von Herrn Univ. Prof. Dipl.- Ing. Dr. nat. tech. Loiskandl, vom Institut für Hydraulik und landeskultureller Wasserwirtschaft (IHLW) der Universität für Bodenkultur, samt zugehörigem Handbuch dankenswerterweise zur Verfügung gestellt wurde.

Die FDR-Technik bestimmt die Dielektrizitätszahl ϵ von Wasser (Wasser bei 0°C $\epsilon \sim 80$, bei 95°C $\epsilon \sim 55$, trockener Sand $\epsilon \sim 4$, feuchte Erde $\epsilon \sim 29$) zwischen den Elektroden. Dabei wird der Wechselstromwiderstand (Impedanz) eines Kondensatorsystems bei einer Messfrequenz von 50 MHz bestimmt, das aus drei in einem Umkreis von 4,2 cm angeordneten Einstechstäben und einem zentralen Einstechstab (l = 12,4 cm) gebildet wird. Der Sensor erfasst eine zylindrisches Volumen von etwa 3 cm Durchmesser und 5,7 cm Länge, Ein Feuchtegradient innerhalb dieses Bereichs wird gemittelt. Die Messungen erfassen nicht nur das Bodenwasser, sondern auch Wasseranteile der Wurzeln und anderer wasserhaltigen Materialien oder Organismen, die sich im Messbereich befinden..

Die Messgenauigkeit wird im Handbuch +/- 0,03 (d.h. 3 Vol%) angegeben wenn die elektrischen Eigenschaften des Bodens unbekannt sind. Von den drei Klassifikationen des Bodens (1 = Sand, 2 = Schluff, Silt, 3 = Lehm, Ton) wurde bei Unsicherheit der Bodenbeurteilung vom Hersteller Typ 2 empfohlen und auch für diesen Versuchsstandort gewählt.

Ab Juni. 2002 (siehe auch Tab. 1) wurden Messungen der Bodenfeuchte in den Partzen mit der Deckfrucht Winterroggen zweimal monatlich vorgenommen. Zu diesem Zeitpunkt wiesen die Untersaaten bereits erste gut entwickelte Blätter auf. Es wurden 3 Einstiche im Kernbereich jeder Partze vorgenommen. Die Sonde wurde in ca. 10 cm Bodentiefe und an möglichst unterschiedlich mit Pflanzen bedeckten Stellen eingeführt.

Die Auswertung der Daten erfolgte über ein DOS-Programm das vom Hersteller des Messgerätes (VITEL. Inc, USA) zur Verfügung gestellt wurde. Es wurde die Ablesung der 4 Messwerte (V1,V2,V3,V4 , Spannung in Volt) in Temperatur, Bodenfeuchte und Salzgehalt umgerechnet.

Es wurde das Programm HYD_FILE.EXE Version 2.8 verwendet.

(http://www.stevenswater.com/catalog/products/soil_sensors/manual/hyd_file_doc.pdf)

3.4.12. Praktiker-Befragung

Umfragen unter ökologisch wirtschaftenden Landwirten mit Betrieben im pannonischen Klimaraum sollten einen Überblick über die Häufigkeit des Anbaus von Untersaaten unter Getreide - Deckfrüchten liefern und die dabei von Praktikern gewonnene Erfahrungen festhalten (Abbildung 12 und 13).

Name und Adresse des Biobauern (abgedeckt) 4



ifol
Institut für ökologischen Landbau
Universität für Bodenkultur



institute of organic farming
University of Agricultural Sciences, Vienna
bernhard freyer
Univ. Prof. Dr., Vorstand

tel + 43 1 47 854 - 3751, -3750
fax + 43 1 47 854 - 3792
E-Mail: bfreyer@edv1.boku.ac.at

Wien, am 10.12.04 02.02

Seit wann arbeiten Sie biologisch?
1. Umstellungs-Jahr: 1997

Welche überwiegende Bodenart weisen Ihre Betriebsflächen auf?
(z.B.: Sand, Ton, Lehm, Schluff etc.) Ton - Lehm

Welchen überwiegenden Bodentyp weisen Ihre Betriebsflächen auf?
(z.B.: Schwarzerde, Braunerde, Parabraunerde etc.) Schwarze Erde

Mittlere Jahressumme der Niederschläge (mm): 400 mm

Trockenperioden im Frühjahr:
(bitte Zutreffendes ankreuzen) JA NEIN

Trockenperioden im Spätsommer:
(bitte Zutreffendes ankreuzen) JA NEIN

Zusätzliche Mitteilungen: 26 Bodenpunkte

Haben Sie schon einmal Untersaaten (US) angebaut?
(bitte Zutreffendes ankreuzen)

JA NEIN

Aus welchem Grund?	Aus welchem Grund nicht?
Stickstofffixierung <input checked="" type="checkbox"/>	zu hohe Kosten <input type="checkbox"/>
Gründüngung <input type="checkbox"/>	Wasserknappheit <input type="checkbox"/>
Fütterung <input type="checkbox"/>	Konkurrenz zur Deckfrucht <input type="checkbox"/>
Unkrautbekämpfung <input checked="" type="checkbox"/>	Fehlversuche <input type="checkbox"/>
Bodenbedeckung <input type="checkbox"/>	Sonstiges
Sonstiges <u>zur Heranbildung eines ausreichenden Nährstoffs im Folgejahr</u>	

Gregor Mendel Straße 33
A-1180 Vienna, Austria, Europe
www.boku.ac.at/oekoland
bioans@edv1.boku.ac.at

Abb. 12: Fragebogen – Formblatt mit Ergebnis-Beispiel Seite 1

Welche Kulturarten haben Sie dazu genutzt?

Deckfrüchte: GERSTE, DINKSEL
 Untersaaten: UNTERSAAT, TAM, RAUHAAS, PERVED WEG

Aus welchen Gründen waren Sie mit der US besonders zufrieden?
 (bitte Zutreffendes ankreuzen und die verwendete US-Kultur dazuschreiben)

problemlose Aussaat
 problemlose Keimung
 erträgt gut Trockenheit
 erträgt gut Beschattung
 entwickelt sich gut unter der Deckfrucht
 sonstige Gründe

Welche Einsaattechnik bevorzugen Sie bei der Ausbringung der Untersaaten?
 (bitte Kulturart dazuschreiben)

DRILLSAT NACH ERSTAUSSAM ^{Straßen} SAATGANGEN (DINKSEL)

Welche Saatstärke verwenden Sie?
 (bitte Kulturart dazuschreiben)

Deckfrucht: DINKSEL 190 kg/ha
 Untersaat: 20 kg (15 Unkraut, 5 von) /ha

Können Sie noch von anderen Erfahrungen mit Untersaaten berichten?

Ungefruchtete frühe Einsaat bei hochwachsenden Kulturen, sodass die Beschattung nicht so groß wird. Bessere eigene viel frische als Kulturart, da die Wahrscheinlichkeit einer zu starken Beschattung gering ist

Sind Sie an einer Diskussionsrunde über die Ergebnisse der Diplomarbeit interessiert?

JA: NEIN:

Unterschrift
 des
 Biobauern

Gregor Mendel Straße 33
 A-1180 Vienna, Austria, Europe
 www.boku.ac.at/biokland
 bioland@edv1.boku.ac.at

Abb. 13: Fragebogen – Formblatt mit Ergebnis-Beispiel Seite 2

Die Umfrageergebnisse wurden zunächst nach den Kriterien

- „Keine Untersaat angebaut“
- „Untersaat wird nicht mehr praktiziert“
- „Untersaatanbau wird praktiziert“

geordnet. Eine Übersicht der Umfrageergebnisse erfolgte in Tabellenform mit Angaben über das Umstellungsjahr, die Bodenart, den Bodentyp, den Niederschlag in mm/Jahr, warum Untersaatanbau, Deckfrucht-Art, Untersaat-Art, positiven Erfahrungen, negative Erfahrungen. Eine kurze Zusammenfassung erfolgt im Anschluss.

3.4.13. Statistische Auswertung der Feldversuche

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistik-Programm SPSS 18. Die Daten aus den Versuchen mit den Deckfrüchten „Winterweizen“ und „Winterroggen“ wurden getrennt ausgewertet.

Es wurden aus den gewonnenen Daten die Mittelwerte und Standardabweichungen ermittelt. Mit Hilfe von zweifaktoriellen Varianzanalysen mit dem fixen Faktor „Untersaat“ und dem zufälligen Faktor „Block“ wurden signifikante Unterschiede per Mittelwert-Mehrfachvergleich berechnet und homogene Untergruppen angegeben. (Post-Hoc-Test, Tukey-HSD, Signifikanzniveau $P < 0,05$). Signifikante Differenzen zwischen der Vitalitäts-Daten (Kapitel 4.2.: Bonituren) wurden mittels Kruskal-Wallis-Test überprüft.

Zur besseren Veranschaulichung und optischen Vergleichsmöglichkeit wurden grafische Darstellungen von ausgewählten Daten angefertigt. Die abgebildeten Boxplot-Grafiken bieten durch die Darstellungen von Medianen, Whiskers und Ausreißern große Aussagekraft und bilden neben Mittelwertvergleichen und Standardabweichungen eine gute Ergänzung zur Beurteilung der verschiedenen Ergebnisse.

Der Vergleich der Aufwuchsbedingungen zwischen den Blocks 1, 2, 3 und 4 im Bereich Winterroggen sowie den Blocks 5, 6, 7 und 8 im Bereich Winterweizen wurden ausschließlich in Form von Boxplots dargestellt.

4. Ergebnisse

4.1. Auswertung der Praktiker-Befragung

Um Erfahrungen mit Untersaaten von biologisch arbeitenden Landwirten zu sammeln, deren Landwirtschaft im Bereich des pannonischen Klimaraumes liegt, wurden Fragebögen verteilt. Es wurden 23 ausgefüllte Fragebogen retourniert (n = 23). Es gab keine Unterscheidung zwischen viehlos arbeitenden und Vieh haltenden Betrieben.

5 ökologisch wirtschaftende Landwirte (21,74 %) teilten mit, dass sie in ihren Betrieben nicht mit Untersaaten arbeiten (Tab. 3).

Tab. 3: Betriebe arbeiten ohne Untersaaten

Umstellungsjahr	Bodenart	Bodentyp	Niederschlag. mm/Jahr	Begründung
keine Angabe	Lehm, Sand	Braunerde	530	Wasserknappheit Deckfrucht - Konkurrenz
1994	Lehm, Ton, Löss	Schwarzerde	400 - 500	Wasserknappheit
1984	Sand. Lehm	Schwarzerde	488	Wasserknappheit Deckfrucht- Konkurrenz
2001	Lehm	Schwarzerde Braunerde	500	Deckfrucht-Konkurrenz
1980	Sand, Schluff	Braunerde	380	Wasserknappheit

3 ökologisch wirtschaftende Landwirte (13,04 %) hatten die Kultivierung von Untersaaten nach Misserfolgen aufgegeben (Tab. 4).

Tab. 4: Betriebe arbeiten nicht mehr mit Untersaaten

Umstellungs Jahr	Bodenart	Bodentyp	NS mm/a	Zweck	Deckfrucht	Untersaat	Begründung
1995	Lehm	Schwarz-erde	500	N-Fixierung Gründüngung Artenvielfalt	Weizen Kartoffel Gerste	Luzerne Gelbkl. Zottelwicke Peluschke Platterbse Pferdebohne	zu hohe Kosten, schlechte Erntebe- dingungen
1988/ 1989	Lehm, Sand	Schwarz-erde	400 - 500	Gründüngung	Gerste	Luzerne	Wasser- mangel
1997	Sand, Ton	Schwarz-erden	458 - 650	N-Fixierung Gründüngung Bodenbedeckung	keine Angabe	Weißklee	Wasser- mangel

15 ökologisch wirtschaftende Landwirte (65,22 %) arbeiten in ihren Betrieben mit Untersaaten (Tab. 5).

Tab. 5: Betriebe arbeiten mit Untersaaten (Tabelle und Legende folgen auf den nächsten Seiten)

Umstell. Jahr	Bodenart	Bodentyp	NS mm/a	Zweck	Deckfrucht	Untersaat	Erfahrung positiv	Erfahrung negativ
1977	Ton, Lehm	Schwarzerde	400	N-Fixierung Unkrautbek. Kleebestd.	Gerste Dinkel	Luzerne Perserklee Ital. Raygras	Aussaart Keimung	Lichtmangel
1988	sandiger Ton	Schwarzerde	450	Gründgg. Bodenbed. Luzbestd.	Hafer Gerste Mais	Luzerne Weißklee	Aussaart Entwicklung	Trockenheit Bodenbearbeitung
1982	Sand	Schwarzerde	435	Gründgg. Bodenbed.	SO-Gerste Dinkel W-Weizen	Luzerne Erdklee	keine gemacht	Licht- u. Wassermangel
1996	Lehm	Braunerde	500	keine Angabe	SO-Gerste	Luzerne	Aussaart	keine Angabe
1995	Lehm	keine Angabe	520	N-Fixierung Gründgg. Unkrtbek. Bodenbed.	SO-Gerste W-Weizen	Luzerne W-Wicke	Aussaart Keimung Entwicklung Schatten-Toleranz	Erdflöhe auf Luzerne
1995	Ton, Lehm	Braunerde	500 - 600	N-Fixierung Unkrtbek. Bodenbed. Erosionsb.	Dinkel SO-Gerste	Luzerne	Aussaart SO-Gerste/ Luzerne	US-Unterdr. ² DF-Ernte Minderg.
1998	Lehm	Braunerde	450	N-Fixierung Gründgg. Unkrtbek. Bodenbed.	SO-Gerste	Luzerne	Aussaart reduzierter Maschinen Einsatz	Licht- u. Wassermangel Mäuse
1992	sd. Lehm lehmgiger Sand	Schwarzerden	550	N-Fixierung Gründgg.	Weizen Mais Zuckermais	Weißklee Erdklee	Aussaart	Disteln Licht- u. Wassermangel
1989-1990	sandiger Lehm	keine Angabe	470 - 550	Saatgut Gründgg.	SO-Gerste WW, WR, Durum Hafer Joh.-Rogg.	Luzerne Linse Sommer u. Winterwicke	Joh.- Roggen/ Winterwicke	Lichtmangel Reife ³ Körnerent. ⁴
1995	sandiger Lehm	Braunerde	400 - 500	Gründgg.	Mais	Kleemischg. Luzerne Rotklee	keine Angaben	US-Unterdrückung
1995	Sand Lehm Schluff	Auschwemm- böden	400	N-Fixierung	keine Angabe	Klee	keine Angaben	schlechte Keimung
1994	sandiger Lehm Schotter	Schwarzerden	450 - 500	N-Fixierung Gründgg. Unkrtbek. Bodenbed.	SO-Gerste	Luzerne	Aussaart Keimung Entwicklung	keine
1990	sandiger Lehm Schotter	Schwarzerde	300 - 550	Gründgg. Grünbrache	SO-Gerste SO-Weizen W-Weizen	Luzerne	Aussaart	Wassermangel
1989	Sand	Schwarzerde	400 - 500	N-Fixierung Gründgg. Bodenbed. Humusaufbau	W-Gerste W-Weizen SO-Gerste Buchweiz.	Senf Luzerne Steinklee Weißklee	Arbeitsersparnis	Blattrandkäfe

Legende zu Tabelle 5:

Deckfr. Konkurr.:	Deckfrucht Konkurrenz	W-Gerste:	Wintergerste
Ustg. Jahr:	Umstellungsjahr	SO-Gerste:	Sommergerste
NS:	Niederschlag	O-Weizen:	Sommerweizen
US:	Untersaat	W-Weizen, WW:	Winterweizen
DF:	Deckfrucht	WR:	Winterroggen
sd. Lehm:	sandiger Lehm	Joh.-Roggen	Johannis-Roggen
Gründgg.:	Gründüngung	Luzbestd.:	Luzernenbestand
Unkrbk.:	Unkrautbekämpfung	Pferdeb.:	Pferdebohnen
N-Fixierung:	Stickstoff-Fixierung	Gelbkl.:	Gelbklee
Bodenbed.:	Bodenbedeckung	Körnerent.:	Körnerentmischung
Erosionsb.:	Erosionsbekämpfung	Unterdr.:	Unterdrückung
		Sch.-Tol.:	Schattentoleranz

- ¹ Anhäufeln der Maisreihen problematisch. Gleichmäßigkeit der Bodenbedeckung durch die US nicht mehr gegeben
- ² Luzerne-Untersaat unter Dinkel nach guter Anfangsentwicklung verkümmert und abgestorben
- ³ Die aufeinander abgestimmten Erntetermine von Deckfrucht und Körnerleguminosen-Untersaat können sich durch eine einseitige Reifeverzögerung (z. B. der Deckfrucht) verändern und starke Körnerverluste des dadurch überreifen Anbaupartners bewirken
- ⁴ Die Entmischung von Linsen und Durumkörnern gelang nicht zufriedenstellend.

Zusammenfassend konnte folgendes Ergebnis festgehalten werden:

- Alle 23 Landwirte (100 %) kreuzten Trockenperioden im Frühjahr und im Spätsommer an (in den Tabellen 5 – 7 nicht extra angegeben).
- 5 Landwirte (21,74 %) setzten wegen des vorherrschenden Wassermangels und/oder der Befürchtung, die Deckfrucht zu stark zu konkurrieren, keine Untersaaten ein.
- 3 Landwirte (13,04 %) hatten den Anbau von Untersaaten versucht, danach aber wieder aufgegeben. 2 wegen der Wasserknappheit, der dritte Landwirt konnte zwar seine Flächen bewässern, sah aber bei hohen Kosten und Termin- sowie Ernteschwierigkeiten zu wenig Vorteile. Die Untersaaten sollten der Gründüngung (3 Nennungen), der Stickstoff-Fixierung (2 Nennungen), der Bodenbedeckung (1 Nennung) und der Förderung der Artenvielfalt (1 Nennung) dienen. Deckfrüchte: Gerste (2 Nennungen), Weizen und Kartoffeln (je eine Nennung).
- Die restlichen 15 Landwirte (65,22 %) bauten Untersaaten vorwiegend zum Zweck der
 - Gründüngung (10 Nennungen)
 - Stickstoff-Fixierung (8 Nennungen)
 - Bodenbedeckung (7 Nennungen)
 - Unkrautunterdrückung (5 Nennungen)

an. Die Etablierung von Luzernenbeständen, von Kleebeständen, die Produktion von Saatgut, Humusaufbau und Erosionsschutz wurden jeweils einmal genannt.

- Als Deckfrucht wurden bevorzugt angebaut:
 - Sommergerste (8 Nennungen)
 - Wintergerste (3 Nennungen)
 - Gerste (ohne nähere Angabe) (2 Nennungen)
 - Winterweizen (5 Nennungen)
 - Durum (2 Nennungen)
 - Dinkel (3 Nennungen)
 - Mais (3 Nennungen)
 - Hafer (2 Nennungen)

Sommerweizen, Weizen (ohne nähere Angabe), Winterroggen, Johannis-Roggen, Buchweizen und Zuckermais wurden jeweils einmal genannt.

- Folgende Leguminosen-Untersaaten wurden eingesetzt:

Luzerne	(12 Nennungen)
Weißklee	(3 Nennungen)
Winterwicke	(2 Nennungen)
Erdklee	(2 Nennungen)

Sommerwicke, Rotklee, Perserklee, Klee (ohne nähere Angabe), Kleemischungen und gelber Steinklee wurden einmal genannt.

Von den „Nicht“-Leguminosen wurden je einmal Italienisches Raygras, Buchweizen und Senf angegeben.

- Positive Erfahrungen wurden vor allem mit der problemlosen Aussaat (9 Nennungen) und der Keimung und Entwicklung der Untersaaten (jeweils 3 Nennungen) gemacht. Reduzierter Maschineneinsatz und Arbeitersparnis wurden ebenfalls als positiv empfunden. Als erfolgreich wurde auch die Kombination Sommergerste/ Luzerne und Johannis-Roggen / Winterwicke angeführt.
- Negative Erfahrungen wurden mit Wassermangel (5 Nennungen) und Lichtmangel (4 Nennungen) gemacht. Angaben über mangelhafte Keimung und Unterdrückung der Untersaat dürften auf den selben Problemen beruhen. Mäuse, Erdflöhe und Blattrandkäfer wurden ebenfalls als negative Erfahrung angegeben. Unter den Fußnoten 1 – 4 aus der Tabelle 7 sind weitere Schwierigkeiten aufgeführt.

4.2. Bodenfeuchte-Messungen (Bereich Winterroggen)

Messtermin 1:	06.06.2002
Messtermin 2:	20.06.2002 (Ergebnisse werden wegen offensichtlicher Fehlmessungen unbekannter Ursache nicht statistisch ausgewertet oder grafisch dargestellt)
Messtermin 3:	15.07.2002
Messtermin 4:	24.07.2002
Messtermin 5:	20.08.2002
Messtermin 6:	30.08.2002
Messtermin 7:	19.09.2002

Mit Hilfe des Statistik-Programms SPSS 18 wurden von den errechneten Bodenwassergehalten Mittelwerte und Standardabweichung berechnet und in Form von Boxplots und Linien-Diagrammen dargestellt. Signifikante Unterschiede zwischen den Messwerten wurden durch Mittelwertvergleiche (Tukey HSD, Signifikanzniveau $P < 0,05$) eruiert.

Homogene Untergruppen (Tukey-Test) wurden in den Boxplots von Abb.17 (Termin 3), Abb. 18 (Termin 6) und Abb. 19 (Termin 7) in Form von Buchstaben eingezeichnet. Die Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant.

Die Bodenwasser-Messungen mittels FDR-Sonde ergaben folgende Mittelwerte (Tab. 6):

Tab. 6: Mittelwerte der Bodenwasser-Messungen mittels FDR-Sonde (Bodentiefe: 10 cm – 22 cm)

Volumsanteile Wassergehalt												
Termin	Wundklee		Steinklee		Luzerne		Gras		Zwischenfrucht		Nullparzelle	
	Mw	Std	Mw	Std	Mw	Std	Mw	Std	Mw	Std	Mw	Std
1	0,099	0,020	0,090	0,014	0,097	0,024	0,094	0,019	0,099	0,025	0,100	0,035
2	0,401	0,006	0,385	0,022	0,368	0,070	0,402	0,006	0,403	0,006	0,391	0,035
3	0,117	0,009	0,090	0,013	0,096	0,010	0,128	0,022	0,133	0,017	0,146	0,011
4	0,069	0,014	0,089	0,014	0,071	0,033	0,078	0,022	0,085	0,027	0,094	0,017
5	0,157	0,095	0,150	0,058	0,174	0,060	0,174	0,052	0,207	0,025	0,162	0,068
6	0,100	0,026	0,104	0,026	0,094	0,031	0,106	0,024	0,119	0,012	0,143	0,021
7	0,043	0,026	0,044	0,026	0,059	0,025	0,060	0,027	0,085	0,021	0,103	0,020

Legende:

Mw: Mittelwert aus 12 Messungen, Std: Standardabweichung aus 12 Messungen

Die Messwerte der Messtermine 1, 4, und 5 zeigten keine signifikanten Unterschiede (Homogene Untergruppe a).

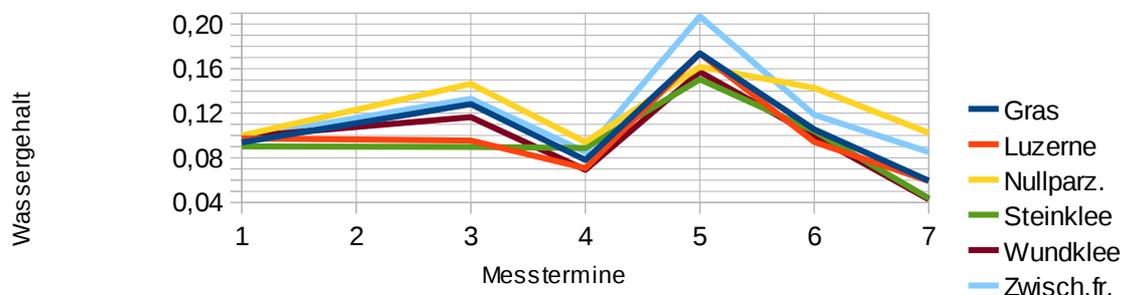


Abb. 14: volumetrischer Wassergehalt

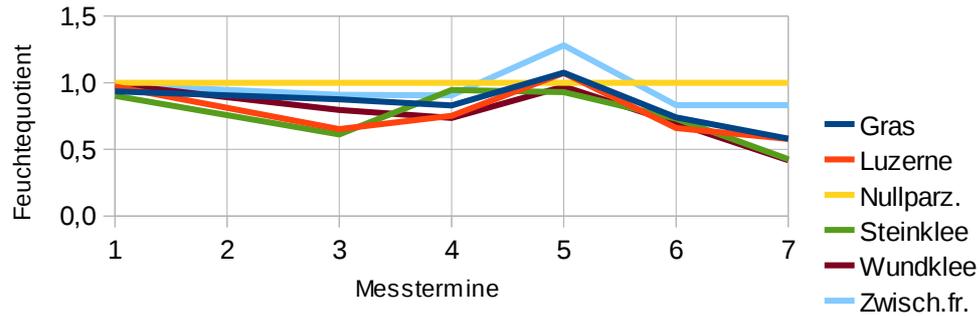


Abb. 15: Wassergehalt relativ zur Nullparzelle

Abb.14, 15 und 16 zeigen den mittleren Bodenwassergehalt der Versuchspartzen zu den Messterminen 1,3,4,5,6,7. Die Messwerte von Termin Nr. 2 wurden nicht in die Darstellungen aufgenommen, da sie offensichtlich fehlerhaft waren (siehe Tabelle 6).

Abb. 14 lässt erkennen, dass die Böden von Null-Parzellen, Zwischenfrucht-Parzellen und Gras-Parzellen gegenüber den Leguminosen-Parzellen eine etwas höhere mittlere Bodenfeuchte aufwiesen.

Das Verhältnis der Bodenwasser-Mittelwerte von Untersaaten und Zwischenfrucht zu den Werten der Null-Parzellen wird in Abbildung Nr. 15 dargestellt. Die Parzellen der Zwischenfrucht waren bis zum Messtermin Nr. 4 den Null-Parzellen gleichzusetzen, da die Aussaat der Zwischenfrucht erst an 21.7.2002 erfolgte. Der Messtermin Nr. 5 (20.8.2002) zeigt, dass die Mittelwerte der Zwischenfrucht-Parzellen deutlich höher lagen als die der Null-Parzellen. Weniger ausgeprägt waren zum selben Messtermin die höheren Bodenwasser-Werte von Gras- und Luzerne-Parzellen. Bei allen anderen Messterminen lagen die Bodenwasser-Werte der verschiedenen Versuchspartzen unter den Bodenwasser-Werten der Null-Parzelle.

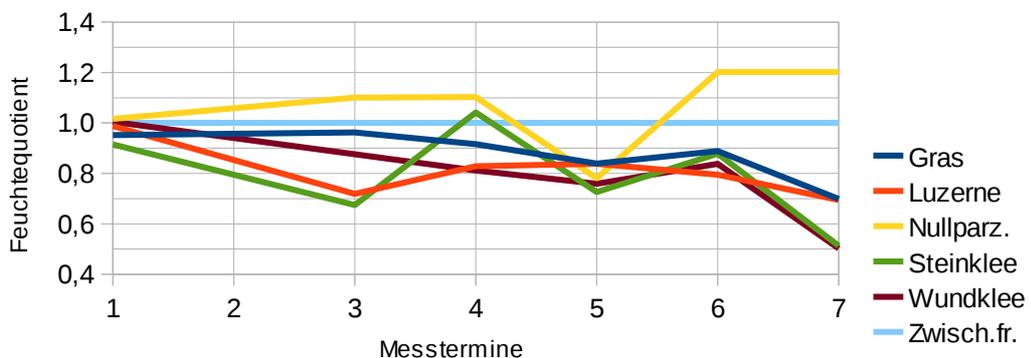


Abb. 16: Wassergehalt relativ zur Zwischenfruchtparzelle

Abbildung 16 zeigt die Mittelwerte der Bodenfeuchte-Daten von Untersaat- und Null-Parzellen im Verhältnis zu den Bodenfeuchte-Werten der Zwischenfruchtparzellen. Abgesehen von den Null-Parzellen, die bis auf den Messtermin Nr. 5 (20.8.2002) immer höhere Bodenfeuchte-Werte aufwiesen als die Zwischenfrucht-Parzellen, und den Steinklee-Parzellen, die bei Messtermin Nr. 4 (24.7.2002) geringfügig die Werte der Zwischenfrucht-Parzellen die noch nicht eingesät worden waren, übertraf, lagen sämtliche Mittelwerte der Untersaaten zu allen Messterminen unter den Mittelwerten der Zwischenfrucht-Parzellen.

Messtermin 1 (06.06.2002):

Die Daten der Bodenwasser-Messwerte (Wassergehalt in der Volumseinheit) vom 06.06.2002 wiesen ein weitgehend einheitliches Bild auf. Das Ergebnis der Mittelwertvergleiche zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Daten der Wassergehalte auf.

Messtermin 2 (20.06.2002): Fehlmessungen (wurden nicht ausgewertet)

Messtermin 3 (15.07.2002):

Abbildung Nr. 17 zeigt den Wassergehalt in der Volumseinheit am 15.07.2002 in Form von Boxplots. Das Ergebnis der Mittelwertvergleiche zeigte signifikante Unterschiede zwischen den Bodenfeuchte-Mittelwerten auf.

Die Null-Parzellen unterschieden sich signifikant gegenüber allen bewachsenen Parzellen-Varianten mit Ausnahme der Zwischenfrucht-Parzellen. Diese waren zu diesem Zeitpunkt noch nicht eingesät. Die Bodenwasserwerte der Luzerne-Parzellen wiesen einige Ausreißer auf.

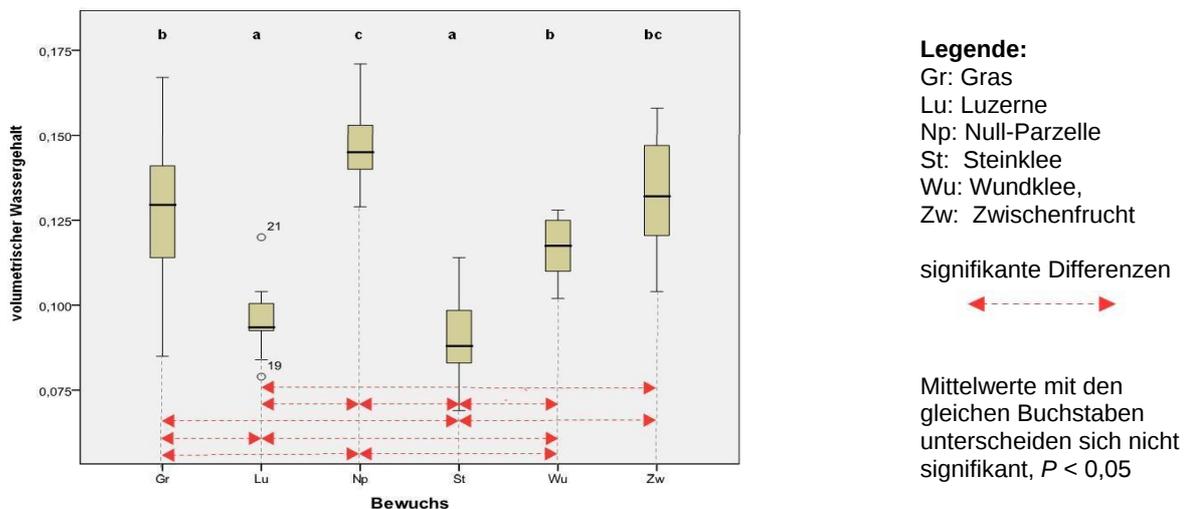


Abb. 17: Bodenwasser- Messwerte (15.07.2002)

Messtermin 4 (24.07.2002):

Die Daten der Bodenwasser-Messwerte (Wassergehalt in der Volumseinheit) vom 24.07.2002 wiesen ein weitgehend einheitliches Bild auf. Das Ergebnis der Mittelwert-Mehrfachvergleiche zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Daten der Wassergehalte auf.

Messtermin 5 (20.08.2002):

Die Daten der Bodenwasser-Messwerte (Wassergehalt in der Volumseinheit) wiesen ein weitgehend einheitliches Bild auf. Das Ergebnis der Mittelwertvergleiche zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Daten der Wassergehalte auf.

Messtermin 6 (30.08.2002):

Abbildung Nr. 18 zeigt den Wassergehalt in der Volumseinheit in Form von Boxplots. Das Ergebnis der Mittelwert-Mehrfachvergleiche zeigte signifikante Unterschiede zwischen den Bodenfeuchte-Mittelwerten der Null-Parzelle und den Gras-, Luzerne-, Steinklee- und Wundklee-Parzellen auf. Bei den Werten der Zwischenfrucht-Parzellen gab es einen Ausreißer.

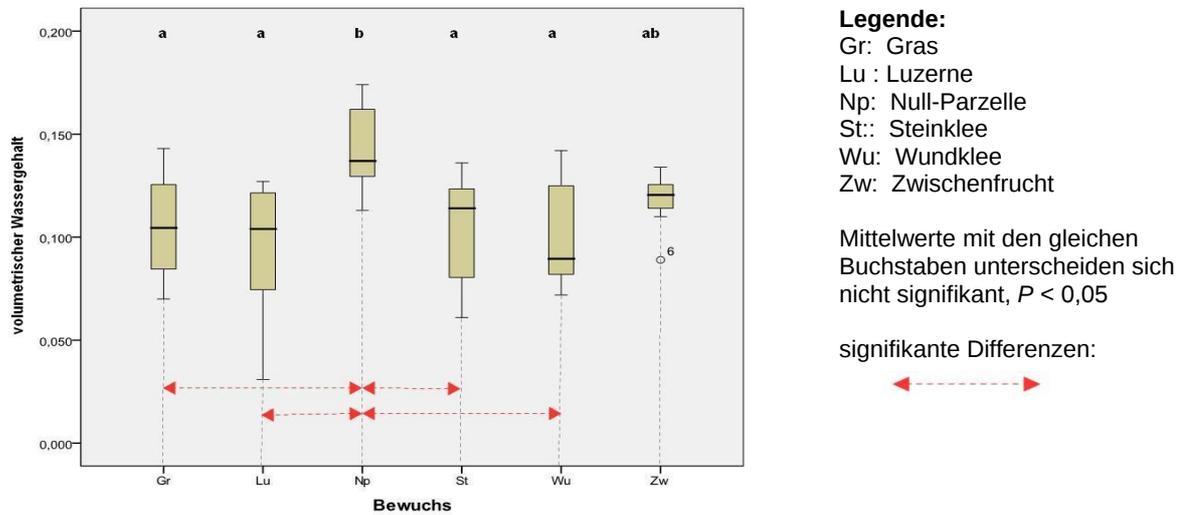


Abb. 18: Bodenwasser – Messwerte (30.08.2002)

Messtermin 7 (19.09.2002):

Abb. 19 zeigt die Daten der Bodenwasser-Messwerte (Wassergehalt in der Volumseinheit) vom 19.09.2002 in Form von Boxplots. Das Ergebnis der Mittelwert-Mehrfachvergleiche zeigt signifikante Unterschiede zwischen den Bodenfeuchte-Mittelwerten auf. Die Werte der Grasparzellen weisen einen Ausreißer auf.

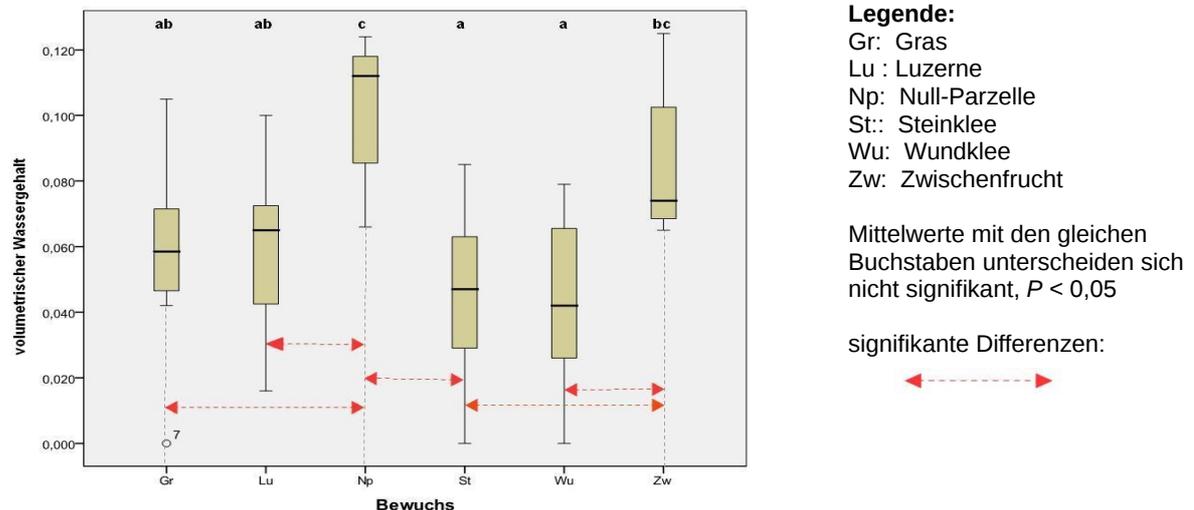


Abb. 19: Bodenwasser-Messwerte (19.9.2002)

4.3. Boden-Stickstoffgehalt (N_{min})

4.3.1. N_{min} im Bereich Winterroggen (Probenahme 03.2002)

Die Bestimmung des Nitrat-Stickstoffes im Boden der Parzellen im Bereich der Deckfrucht Winterroggen ergaben folgende N_{min} - Werte (Mittelwerte von 4 Wiederholungen, Tab. 7 und 8):

Tab. 7: N_{min} - Werte in kg/ha aus den Parzellen Wundklee, Steinklee und Luzerne (Bereich Winterroggen, Bodentiefe 0 – 90 cm, 12. März 2002)

N _{min} -Werte [kg/ha], Probenahme März 2002, Deckfrucht Winterroggen						
Bodentiefe in cm	Wundklee-Parzellen	Standard-abweichung	Steinklee-Parzellen	Standard-abweichung	Luzerne-Parzellen	Standard-abweichung
0 - 30	7,5 ^a	3,1	6,6 ^a	3,3	7,0 ^a	3,5
30 - 60	18,6 ^a	14,5	18,3 ^a	5,7	8,4 ^a	5,2
60 - 90	23,8 ^a	32,2	40,0 ^a	10,1	16,2 ^a	10,1
gesamt	49,9	19,4	64,8	15,8	31,5	7,5

Legende: Mittelwerte einer Zeile mit den gleichen Buchstaben in der Reihe unterscheiden sich nicht signifikant ($P < 0,05$)

Tab. 8: N_{min} - Werte [kg/ha] aus Gras-Parzellen, Zwischenfrucht- und Null-Parzellen, (Bereich Winterroggen, Bodentiefe 0 - 90 cm, 12. März 2002)

N _{min} -Werte [kg/ha], Probenahme März 2002, Deckfrucht Winterroggen						
Bodentiefe [cm]	Gras-Parzellen	Standard-abweichung	Zwischenfr.-Parzellen	Standard-abweichung	Null-Parzellen	Standard-abweichung
0 - 30	5,9 ^a	0,4	7,4 ^a	2,3	9,0 ^a	2,6
30 - 60	13,0 ^a	7,6	21,9 ^a	4,7	16,9 ^a	6,3
60 - 90	36,1 ^a	23,3	51,1 ^a	21,1	25,0 ^a	18,9
gesamt	55,0	18,6	80,3	22,1	50,8	12,5

Legende: Mittelwerte einer Zeile mit den gleichen Buchstaben in der Reihe unterscheiden sich nicht signifikant ($P < 0,05$)

Die Versuchsflächen wurden vor der Aussaat nicht gedüngt. Die Stickstoffwerte im März 2002 waren in der obersten Bodenschicht relativ niedrig und stiegen erst mit zunehmender Bodentiefe etwas an. Die höchsten Stickstoff-Werte (Summe aller Mittelwerte der drei Bodenschichten) fand man bei den zukünftigen Zwischenfrucht-Parzellen (80,30 kg/ha), den niedrigsten Wert wiesen die Flächen der Luzerne-Parzellen mit 31,53 kg/ha auf. Die Aussaat der Untersaat-Varianten erfolgte nach der Boden-Probenahme (März 2002) am 3. April 2002, die der Zwischenfrucht (Blanksaat) erst nach der Deckfrucht-Ernte im Juli.

Die Standardabweichung der Summen wurde von jeweils 12 Messwerten (4 Werte pro Horizont) berechnet. Zwischen den Stickstoff-Werten im Boden der Parzellen-Varianten gab es keine signifikanten Unterschiede (Signifikanzniveau $P < 0,05$).

4.3.2. N_{min} im Bereich Winterroggen (Probenahme 09.2002)

Tab. 9: N_{min} - Werte [kg/ha] aus Wundklee-, Steinklee- und Luzerne-Parzellen, (Bereich Winterroggen, Bodentiefe 0 – 90 cm, September 2002)

N_{min} -Werte [kg/ha], Probenahme September 2002, Deckfrucht Winterroggen						
Bodentiefe [cm]	Wundklee-Parzellen	Standard-abweichung	Steinklee-Parzellen	Standard-abweichung	Luzerne-Parzellen	Standard-abweichung
0 - 30	0,9 a	1,4	6,9 ab	1,2	6,3 ab	2,9
30 - 60	7,5 a	7,8	7,9 a	3,1	8,9 a	6,5
60 - 90	20,9 a	14,8	19,5 a	19,5	29,0 a	15,7
Summe	29,3 a	12,3	34,3 a	11,9	44,3 a	13,9

Legende: Mittelwerte einer Zeile mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($P < 0,05$)

Tab. 10: N_{min} - Werte [kg/ha] aus Untersaat-, Zwischenfrucht- und Null-Parzellen, (Bereich Winterroggen, Bodentiefe 0 – 90 cm, September 2002)

N_{min} -Werte [kg/ha], Probenahme September 2002, Deckfrucht Winterroggen						
Bodentiefe [cm]	Gras-Parzellen	Standard-abweichung	Zwischenfr.-Parzellen	Standard-abweichung	Null-Parzellen	Standard-abweichung
0 - 30	1,2 a	1,9	2,7 a	2,1	9,3 b	4,1
30 - 60	7,4 a	4,9	4,5 a	2,6	9,0 a	4,2
60 - 90	28,0 a	16,3	26,5 a	28,8	29,9 a	14,5
Summe	36,5 a	15,0	33,6 a	18,9	48,1 a	13,1

Legende: Mittelwerte einer Zeile mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($P < 0,05$)

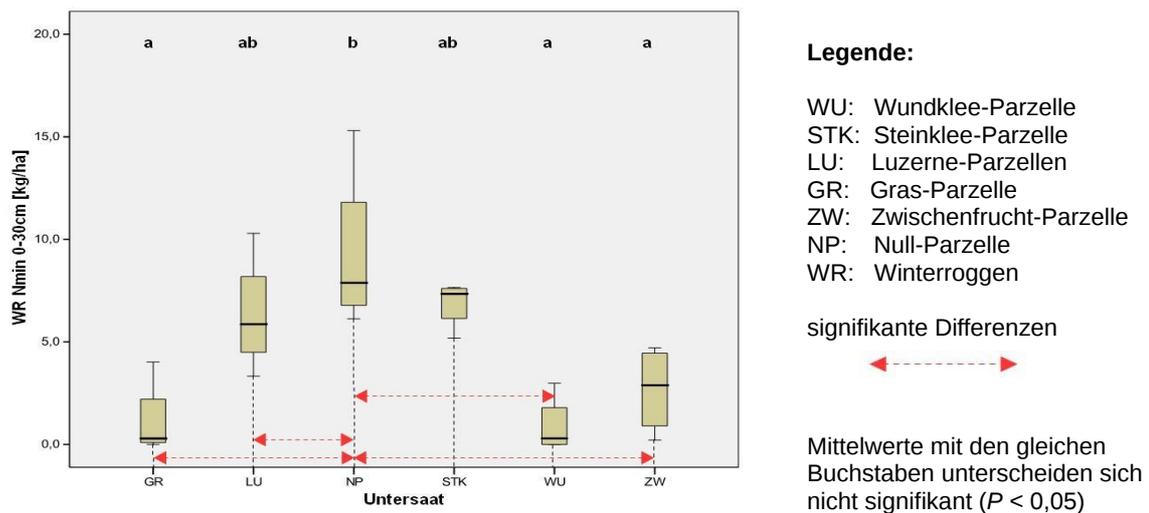


Abb. 20: N_{min} [kg/ha] in 0 – 30 cm Bodentiefe (Bereich Winterroggen, 09.02)

Die Bodenproben-Analysen der Versuchs-Parzellen im Bereich Winterroggen ergaben im September 2002 für die Bodentiefe 0 – 30 cm signifikante Unterschiede bei einem Signifikanzniveau von $P < 0,05$ (Tab. 9 und 10 , Abb. 20):

Die Bodenproben aus den Schichten 30 – 60 cm und 60 – 90 sowie die Proben aus dem gesamten Bodentiefe-Bereich von 0 – 90 cm (Abb. 21) wiesen keine signifikanten Differenzen auf. Die Standardabweichungen der Summen wurden jeweils aus 12 Messwerten (4 pro Horizont) berechnet.

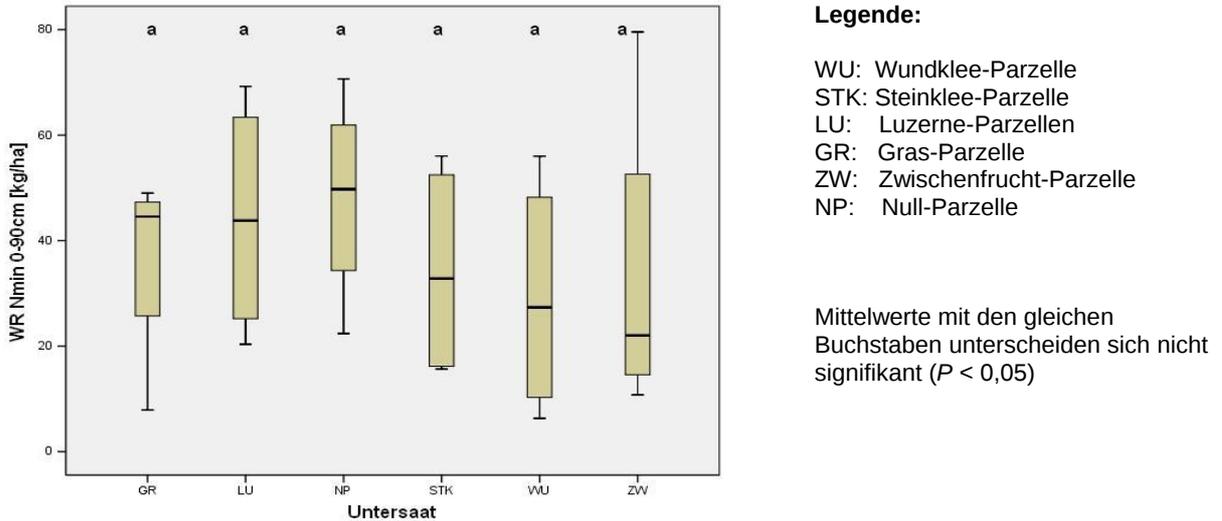


Abb. 21: N_{min} [kg/ha] in 0 – 90 cm Bodentiefe (Bereich Winterroggen, 09.02)

In der obersten Bodenschicht (0 – 30 cm) wurden wieder relativ niedrige Werte festgestellt, die mit zunehmender Bodentiefe (30 – 90 cm) etwas anstiegen. Den niedrigsten N_{min} -Wert (Gesamtmittelwert über alle drei Bodenschichten) wies der Boden der Wundklee-Parzellen auf (29,25 kg/ha), der höchste Wert wurde bei den Null-Parzellen (48,12 kg/ha) gefunden.

Im allgemeinen waren die N_{min} - Werte im September deutlich niedriger als die Werte im März 2002. Eine Ausnahme bildeten die Böden der Luzerne-Parzellen deren N_{min} -Werte um 40,53 % im September höher lagen als im März (Tab. 11) Das entsprach einer Zunahme von ca. 12,0 kg/ha.:

Tab. 11: Veränderungen der N_{min} -Werte von Bodenproben aus den Versuchspartzen in % (März → September)

Bodenbereich	Wundklee	Steinklee	Luzerne	Gras	Zwischenfr.	0-Parzellen
Differenzen der N_{min} -Werte III > IX	- 42 %	- 47 %	+ 41 %	- 34 %	- 58 %	- 6 %

4.4. Bonituren von Untersaaten und Zwischenfrucht

In den Monaten Mai und Juni 2002 wurden ausschließlich die Wuchshöhe der Untersaaten festgehalten. Bodenbedeckung, Beikraut-Aufwuchs und Vitalität wurden erst nach der Deckfruchternte im Juli überprüft. Die Mittelwerte und Standardabweichungen wurden aus jeweils 4 Wiederholungen berechnet. Eine Ausnahme bildete die Luzernen-Untersaat in Block Nr. 5 (Deckfrucht Winterweizen), die durch eine fehlerhafte Deckfrucht-Aussaat fast völlig eliminiert war und aus der Beurteilung ausgeschieden wurde.

Bonitur-Termin 13. / 14.05.2002:

UNTERSAAT unter WINTERROGGEN (Tab. 12):

Nach der Untersaat-Applikation am 3.4.2002 entwickelten sich die Leguminosen-Untersaaten relativ gleichmäßig und ohne große Wuchshöhen-Unterschiede innerhalb der Arten. Der Aufwuchs der Referenzfrucht "Gras" war deutlich ungleichmäßig. Die 10 %tige Weißkleebeimischung zur Untersaat "Steinklee" war nicht erkennbar.

Tab. 12: Bonitur-Termin 13./14.05.2002, Untersaat unter Winterroggen

Untersaat (Deckfrucht Winterroggen)	Wuchshöhe	
	Mittelwert [cm]	Standardabweichung [cm]
Luzerne	7,8	0,9
Steinklee	6,6	0,8
Wundklee	5,1	0,3
Gras	8,9	0,8
Zwischenfrucht	-	-
0-Parzelle	-	-

UNTERSAAT unter WINTERWEIZEN (Tab.13):

Die Deckfrucht "Winterweizen" wies besonders im Bereich der Untersaat-Wiederholungen 5 und 6 (siehe Parzellenplan 2) außerordentlich dichte Bestände auf. Es dürfte sich hier um irrtümlich doppelt besäte Bereiche gehandelt haben. Der dadurch hervorgerufene große Lichtmangel hatte die Entwicklung der Untersaat an diesen Stellen deutlich beeinträchtigt. Die Wuchshöhe erreichte hier nur 5 cm. Die Weißkleebeimischung zur Untersaat "Steinklee" war auch hier nicht erkennbar.

Tab. 13: Bonitur-Termin 13./14.05.2002, Untersaat unter Winterweizen

Untersaat (Deckfrucht Winterweizen)	Wuchshöhe	
	Mittelwert [cm]	Standardabweichung [cm]
Luzerne	7,9	1,9
Steinklee	8,9	0,9
Wundklee	6,3	1,0
Zwischenfrucht	-	-

Bonitur-Termin 24.06.2002:

UNTERSAAT unter WINTERROGGEN (Tab.14):

Die Untersaaten hatten sich sehr gut weiterentwickelt und zeigten gegenüber den Winterweizen-Untersaaten eine deutlich größere Wuchshöhe.

Tab. 14: Bonitur-Termin 24.06.2002, Untersaat unter Winterroggen

Untersaat (Deckfr. Winterroggen)	Wuchshöhe	
	Mittelwert [cm]	Standardabweichung [cm]
Luzerne	17,3	6,7
Steinklee	32,1	13,7
Wundklee	10,8	1,0
Gras	16,4	1,6
Zwischenfrucht	-	-
0-Parzelle	-	-

UNTERSAAT unter WINTERWEIZEN (Tab. 15):

Der zu dichte Weizenbestand im Bereich der Wiederholungen 5 und 6 hatte die Luzernen-Untersaat fast vollständig eliminiert und den Stein- und Wundklee in der Entwicklung stark beeinträchtigt. Der Untersaatbestand wirkte hier ausgedünnt und litt sichtlich unter Trockenheit (eingerollte Blätter).

Tab. 15: Bonitur-Termin 24.06.2002, Untersaat unter Winterweizen

Untersaat (Deckfrucht Winterweizen)	Wuchshöhe	
	Mittelwert [cm]	Standardabweichung [cm]
Luzerne	11,8	8,9
Steinklee	22,0	11,3
Wundklee	7,6	1,5
Zwischenfrucht	-	-

Bonitur-Termin 23.07.2002:

Nach der Getreideernte war ein starker Zuzug von Mäusen in den Untersaaten-Bestand zu verzeichnen.

UNTERSAAT unter WINTERROGGEN (Tab.16):

Die Untersaaten bildeten fast ausnahmslos einen dichten und vitalen Bestand. Kleine Lücken entstanden in Luzernen- Steinklee und Wundkleeparzellen durch abgestorbenes Beikraut und in der unmittelbaren Umgebung von Mauslöchern. Letztere fand man besonders häufig in Luzernenbeständen. Dort zeigte das Luzernenlaub deutliche Kahlstellen im unteren Stängelbereich. Die Grasuntersaat hatte den Zeilenschluss zwischen den Getreidereihen noch nicht überall gebildet und war stellenweise etwas verunkrautet. Vereinzelt waren Beikrautbüschel im Wundklee zu finden.

Tab. 16: Bonitur-Termin 23.07.2002, Untersaat unter Winterroggen

Untersaat unter Winterroggen	Wuchshöhe		Bodenbedeckung		Beikraut Mittelwert [%]	Standardabweichung [%]	Vitalität Durchschnitt *	Sonst.
	Mittelwert [cm]	Std-Abw.[cm]	Mittelwert [%]	Std-Abw. [%]				
Luzerne	22,8	6,1	94,1	7,9	1,5	1,6	4,3	Mäuse
Steinklee	40,5	9,8	99,1	0,6	0,2	0,3	5,0	Mäuse
Wundklee	12,0	0,8	95,9	2,0	1,1	0,6	4,8	Mäuse
Gras	20,0	0,0	80,1	22,7	2,1	1,0	5,0	
Zwischenfr.	-	-	-	-	-	-	-	Auss.**
0-Parz.	-	-	-	-	-	-	-	gegr.***

Legende:

* Vitalität Bewertungsschema siehe unter 3.4.6.4. ** Aussaat am 21.7.2002 *** gegrubbert am 19.7.2002

UNTERSAAAT unter WINTERWEIZEN (Tab. 17):

Nach der Getreideernte waren die Ausfälle durch die zu dicht gesäte Deckfrucht deutlich zu erkennen. Im Bereich des Block 5 war die Luzerne-Untersaat fast völlig ausgefallen. Steinklee und Wundklee wiesen große Lücken und stark ungleiche Verteilung auf. Der Bereich von Block 6 zeigte ebenfalls noch stark ungleiche Verteilung von Wund- und Steinklee, mit großen Lücken und teilweisen Kümmerwuchs. Die Luzerne im Bereich 6 war gleichmäßig verteilt. Der Beikrautbesatz war bei Block 6 gering. Die Luzernen- Stein- und Wundkleebestände des Blocks 7 wiesen mittleren bis kräftigen Wuchs auf und waren gleichmäßig verteilt. In Block 8 waren Luzerne und Steinklee sehr gut entwickelt und ohne Beikrautbestand.. Der Wundklee wies im nördlichen Teil der Parzelle Lücken auf. In den Luzernebereichen 6 und 8 befanden sich frische Erdhügel von Bodenbewohnern.

Tab. 17: Bonitur-Termin 23.07.2002, Untersaat unter Winterweizen

Untersaat unter Winterweizen	Wuchshöhe Mittelwert [cm]	Standardabweichung [cm]	Bodenbedeckung Mittelwert [%]	Standardabweichung [%]	Beikraut Mittelwert [%]	Standardabweichung [%]	Vitalität Durchschnitt *	Sonst.
Luzerne**	19,7	5,0	95,8	1,8	0,1	0,2	4,0	Mäuse
Steinklee	26,5	8,1	70,7	35,7	0,2	0,2	3,3	
Wundklee	9,0	2,2	54,9	30,4	1,1	1,3	3,0	
Zw.frucht	-	-	-	-	-	-	-	Auss. ***

Legende: * Vitalität Bewertungsschema siehe unter 3.4.6.4.

** Luzerne in Block 5: Totalausfall wegen zu hoher Deckfruchtdichte (wird nicht mehr bei Mittelwerten berücksichtigt)

*** Aussaat am 21.7.

Bonitur-Termin 19 / 20.08.2002:

UNTERSAAAT unter WINTERROGGEN (Tab. 18):

Die Leguminosen-Untersaaten zeigten einen dichten, üppigen Bestand mit kleinen, kaum sichtbaren Lücken. Die Referenzfrucht "Gras" war dicht, gut verteilt und hatte den Reihenschluss weitgehend erreicht. Die Zwischenfrucht bildete einen gleichmäßigen aber eher schütterten Bestand. Luzerne, Wundklee und Steinklee wiesen kahle Stellen um Mäuselöcher auf. Die Gras- und die Zwischenfruchtparzellen waren erheblich verunkrautet, die Wundkleeparzellen unterschiedlich mit Beikraut durchsetzt. Luzerne-Parzellen wiesen wenig bis mittleren

Beikrautbesatz auf, der Steinklee war fast beikrautfrei.

Tab. 18: Bonitur-Termin 19/20.08.2002, Untersaat unter Winterroggen

Untersaat unter Winterroggen	Wuchshöhe Mittelwert [cm]	Standardabweichung [cm]	Bodenbedeckung Mittelwert [%]	Standardabweichung [%]	Beikraut Mittelwert [%]	Standardabweichung [%]	Vitalität Durchschnitt *	Sonst.
Luzerne	23,5 b	1,3	95,0 b	3,5	0,9 a	1,6	4,8	Mäuse
Steinklee	40,8 c	6,5	96,6 b	2,6	0,3 a	0,3	4,3	
Wundklee	15,3 a	1,0	95,8 b	1,7	2,0 a	1,3	4,5	Mäuse
Gras	21,8 ab	2,4	99,4 b	0,3	3,3 a	2,3	4,8	
Zw.frucht	22,8 ab	2,5	92,1 b	2,6	3,5 a	0,0	3,5	
0-Parz.	-	-	40,0 a	16,3	40,0 b	16,3	-	

Legende: * Vitalität: Bewertungsschema siehe unter Kap. 3.4.6.4. „Vitalität“ zeigte keine signifikanten Differenzen (Kruskal Wallis Test)

Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($P < 0,05$)

UNTERSAAAT unter WINTERWEIZEN (Tab. 19):

Abgesehen von den Ausfällen der Untersaat in den Wiederholungen 5 und 6 wegen zu dichter Deckfrucht, hatten sich die Untersaaten sehr gut weiterentwickelt und bildeten frische und vitale Bestände. Deutlich sichtbare Kahlstellen befanden sich um Mäuselöcher. Der Aufwuchs der Zwischenfrucht wies sehr ungleiche Verteilung mit vielen Lücken auf. Phazelia war in dieser Mischung der beste Bodenbedecker. Beikrautbestände fanden sich vorwiegend im Wundklee, etwas weniger in der Zwischenfrucht. Im Steinklee war mittelmäßig bis wenig Beikraut zu finden, die Luzerne war fast beikrautfrei.

Tab. 19: Bonitur-Termin 19./20.08.2002 Untersaat unter Winterweizen

Untersaat unter Winterweizen	Wuchshöhe Mittelwert [cm]	Standardabweichung [cm]	Bodenbedeckung Mittelwert [%]	Standardabweichung [%]	Beikraut Mittelwert [%]	Standardabweichung [%]	Vitalität Durchschnitt *	Sonst.
Luzerne**	25,7 ab	3,2	84,6 a	13,0	0,1 a	0,2	5,0	Mäuse
Steinklee	35,9 b	4,2	96,7 a	2,4	1,0 a	1,2	4,5	
Wundklee	17,0 a	0,0	76,8 a	18,9	3,3 b	0,9	4,5	
Zw.frucht	29,6 b	7,3	89,8 a	5,2	2,1ab	0,6	3,5	

Legende: Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($P < 0,05$)

* „Vitalität“ zeigte signifikante Differenzen (Kruskal Wallis Test).

Vitalität- Bewertungsschema siehe unter Kap.3.4.6.4.

** Luzerne in Block 5 : Totalausfall wegen zu hoher Deckfruchtdichte (wird nicht mehr bei Mittelwerten berücksichtigt)

Bonitur-Termin 17.09.2002:

UNTERSAAAT unter WINTERROGGEN (Tab. 20):

Die Wundkleeparzellen waren dicht und gleichmäßig bewachsen, wirkten frisch und vital. Sie wiesen so gut wie keine Schädigung durch Mäuse auf. Der Zwischenfrucht-Bestand war zwar sehr unregelmäßig verteilt aber ebenfalls frisch, grün und üppig und kaum von Mäusen besiedelt. Die Luzerne- und Steinkleeparzellen wiesen großflächig deutliche Fraßspuren in Form von

Stoppelresten auf. Die Pflanzenstängel waren im unteren Bereich entlaubt. Die Besiedlung durch Mäuse hatte deutlich zugenommen. Außerhalb dieser beeinträchtigten Stellen war der Bestand gleichmäßig und locker den Boden bedeckend. Die Grasuntersaat wies wenig Mäusebefall auf, die Bodenbedeckung war größtenteils gut. Steinklee, Luzerne und Gras zeigten beginnende Gelbfärbung. Das Beikraut war im August vollständig gejätet worden.

Tab. 20: Bonitur-Termin 17.09.2002, Untersaat unter Winterroggen.

Untersaat unter Winterroggen	Wuchshöhe Mittelwert [cm]	Standardabweichung [cm]	Bodenbedeckung Mittelwert [%]	Standardabweichung [%]	Beikraut Mittelwert [%]	Standardabweichung [%]	Vitalität Durchschnitt *	Sonst.
Luzerne	33,25	4,99	73,3	14,3	gejätet		2,50	Mäuse
Steinklee	41,88	3,75	82,4	20,2	gejätet		3,00	Mäuse
Wundkl.	18,13	1,44	99,7	0,4	gejätet		5,00	
Gras	24,88	0,25	97,8	2,1	gejätet		2,00	
Zw.frucht	63,13	7,47	87,7	5,9	gejätet		5,00	
0-Parz.	-	-	53,8	4,8	53,75	4,79	-	

Legende: * Vitalität: Bewertungsschema siehe unter 3.4.6.4.

UNTERSAAAT unter WINTERWEIZEN (Tab. 21):

An Zwischenfrucht und Wundklee waren keine Mäuseschäden zu beobachten. Die Zwischenfruchtbestände wirkten frisch, wiesen aber häufig kahle Stellen auf. Phazelia herrschte vor. Der Wundklee wies zwar vereinzelt kleine Lücken auf, bildete aber im Allgemeinen eine gute Bodenbedeckung. Der Aufwuchs wirkte üppig und vital. Eine Ausnahme war die Wiederholung 6 mit größeren Lücken im Bestand. Die Luzernenbestände wiesen großflächig kahle Stellen um Mauslöcher auf. Die ungestörten Flächen waren gleichmäßig locker mit Luzerne bedeckt. Die Pflanzenbestände kahlten vom Boden her auf, das Laub zeigte bereits deutliche Vergilbung. Der Steinklee-Bewuchs war weniger von Mäusen beeinträchtigt und gleichmäßig dicht auf den Versuchsflächen verteilt. Auch hier waren die Pflanzenstängel vom Boden her aufsteigend verkahlt und das restliche Laub schon etwas gelbliche verfärbt. Das Beikraut war im August gejätet worden.

Tab. 21 : Bonitur-Termin 17.09.2002 , Untersaat unter Winterweizen

Untersaat unter Winterweizen	Wuchshöhe Mittelwert [cm]	Standardabweichung [cm]	Bodenbedeckung Mittelwert [%]	Standardabweichung [%]	Beikraut Mittelwert [%]	Standardabweichung [%]	Vitalität Durchschnitt *	Sonst.
Steinklee	41,88	4,73	97,25	2,50	0,00	4,00	4,00	Mäuse
Wundkl.	16,50	1,22	95,33	4,70	0,00	4,75	4,75	
Zwfrucht.	62,50	10,61	87,92	11,82	0,00	3,75	5,00	
Zwfrucht.	62,50	10,61	87,92	11,82	0,00	3,75	5,00	

Legende: * Vitalität Bewertungsschema siehe unter 3.4.6.4.

** Luzerne in Block 5 : Totalausfall wegen zu hoher Deckfruchtdichte (wird nicht mehr bei Mittelwerten berücksichtigt)

4.4.1. Mittelwert-Mehrfachvergleiche der Bonituren

Der Boniturtermin vom 20.08.2002 war für einen Vergleich des Entwicklungszustandes zwischen den Versuchspartellen am besten geeignet. Die Zwischenfrucht war bereits gut entwickelt, das Beikraut nicht gejätet und der Tierfraß noch gering. Die Luzernen-Parzelle aus Block Nr. 5 (Winterweizen) wurde wegen Totalausfalls der Untersaat aus der Berechnung ausgeschieden. Die Daten wurden in Form von Mittelwert-Mehrfachvergleichen mittels Post-Hoc-Tests (Tukey-HSD) bei einem Signifikanz - Niveau von $P < 0,05$ ausgewertet. Homogene Untergruppen wurden mit Buchstaben gekennzeichnet. Unterscheiden sich die Buchstaben nicht, so gibt es keine signifikanten Differenzen. Die Punktzahl der Vitalität wurde mittels Kruskal-Wallis-Test auf signifikante Differenzen überprüft ($P < 0,05$).

Bonitur - Bereich Winterroggen:

Die Mittelwert-Mehrfachvergleiche der Bonituren von Untersaaten, Zwischenfrucht und Null-Parzellen zeigten in den Bereichen Bodenbedeckung und Beikraut erwartungsgemäß signifikante Unterschiede zwischen der Null-Parzelle und den anderen Versuchs-Varianten. Untersaaten und Zwischenfrucht boten in diesem Bereich ein weitgehend einheitliches Bild und unterschieden sich nicht signifikant.

Im Bereich Wuchshöhe zeigte sich ein anderes Bild, da die unterschiedlichen Einsaaten artenbedingt unterschiedliche Wuchshöhen erreichten. So gab es signifikante Unterschiede von „Steinklee“, der die größte Wuchshöhe erreichte, gegenüber jeweils allen anderen Untersaaten. (Zum nächsten Bonitur-Termin im September wurde der Steinklee bereits von der Höhe der rasant wachsenden Zwischenfrucht überflügelt). Weiters unterschieden sich „Gras“ und „Zwischenfrucht“ signifikant von „Luzerne“ und „Wundklee“, der am niedrigsten blieb (Tab. 18). Die Vitalität der Untersaaten und der Zwischenfrucht zeigten keine signifikanten Differenzen.

Bonitur - Bereich Winterweizen:

Die Mittelwert-Mehrfachvergleiche von Untersaaten und Zwischenfrucht-Bonituren zeigten ein eher unausgeglichenes Bild. Einzig bei der Bodenbedeckung gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kulturen. Im Bereich Beikraut gab es signifikante Unterschiede zwischen Wundklee, der den höchsten Beikraut-Anteil hatte, gegenüber Steinklee und Luzerne und Zwischenfrucht. Zusätzlich unterschied sich Luzerne, die die niedrigsten Beikraut-Anteile aufwies, signifikant von der Zwischenfrucht. Die Daten der Vitalität zeigten ebenfalls signifikante Unterschiede (Kruskal Wallis Test). Der niedrig bleibende Wundklee unterschied sich signifikant von Steinklee, Luzerne und Zwischenfrucht bei der Wuchshöhe (Tab. 19). Die Versuchspartelle Luzerne, Block 5, wurde bei dieser Auswertung nicht berücksichtigt, da durch die extrem dichte Deckfrucht-Saat die Untersaat nach dem Auflaufen fast vollständig zugrunde ging.

Zusammenfassung:

Alle Untersaaten und die Zwischenfrucht kamen mit den Klimaverhältnissen, die allerdings während der Versuchsperiode keine Extreme aufwies, gut zurecht. Eine Ausnahme bildete die Weißklee-Beimischung zum Steinklee, die sich nicht behaupten konnte. Deutlich beeinträchtigend wirkte sehr dichter Weizenbestand. Er führte zu kümmernden Untersaat-Jungpflanzen die später, bis auf wenige Überlebende, gänzlich abstarben. Nach der Deckfruchternte gab es einen kräftigen Wachstumsschub bei allen Pflanzenbeständen. Erst der Zuzug von Mäusen und wahrscheinlich auch noch anderen Tieren, die das frische Grün im kahlen Umfeld aufsuchten, beeinträchtigte die Untersaat-Bestände. Vor allem waren die Schäden an Luzerneflächen deutlich zu erkennen. Die Schäden am Steinklee-Bestand waren etwas geringer. Wundklee-, Zwischenfrucht- und Graspazellen blieben weitgehend unbehelligt.

4.4.2. Abbildungen zur Untersaaten-Bonitur



Abb. 22: Luzerne unter Winterroggen (17.05.2002)



Abb. 23: Luzerne unter Winterroggen (19.07.2002)



Abb. 24: Luzerne unter Winterweizen (17.05.2002)



Abb.25: Luzerne unter Winterweizen (19.07.2002)



Abb.26: Steinklee/Weißklee unter Winterroggen (17.05.2002)



Abb.27: Steinklee/Weißklee unter Winterroggen (29.07.2002)



Abb. 28: Wundklee unter Winterroggen (17.05.2002)



Abb. 29: Wundklee unter Winterweizen (17.05.2002)



Abb. 30: Wundklee unter Winterroggen (29.07.2002)



Abb. 31: Wundklee unter Winterweizen (29.07.2002)



Abb. 32: Gras unter Winterroggen (17.05.2002)



Abb. 33: Gras unter Winterroggen (19.07.2002)



Abb. 34: Zwischenfrucht-Mischung
(13.09.2002)



Abb. 35: Zwischenfrucht-Mischung
(13.09.2002)



Abb. 36: Fraßspuren (13.09.2002)



Abb. 37: Mauselöcher (13.09.2002)



Abb. 38: Untersaat vor der
Getreideernte im Juli 2002



Abb. 39: Versuchspartellen (19.08.2002)

4.5. Frisch- und Trockenmassen-Erträge (Bereich Winterroggen)

Die Überprüfung eventuell vorliegender signifikanter Unterschiede zwischen Kornerträgen, Stängel- und Stoppelmengen der Deckfrucht und der Aufwuchsmengen von Untersaaten, der Zwischenfrucht und des Beikrautes erfolgte jeweils durch Mehrfach-Mittelwertvergleiche (Post-Hoc-Test, Tukey-HSD) bei einem Signifikanzniveau von $P < 0,05$. Homogene Untergruppen wurden mit Buchstaben gekennzeichnet. Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterschieden sich nicht signifikant. Die Mittelwerte beruhen auf vierfachen Wiederholungen pro Variante.

4.5.1. Aufwuchs-Vergleiche der Blocks 1 bis 4

Die ersten Probenahmen erfolgten im Juli 2002. In Abbildung 40 und 41 wurden die Aufwuchsmengen von Korn- und Untersaat-Trockenmassen der Blocks 1, 2, 3, und 4 in Form von Boxplots dargestellt. Die Mediane zeigen nur geringe Unterschiede zwischen den einzelnen Blocks. Es erfolgte keine weitere statistische Auswertung.

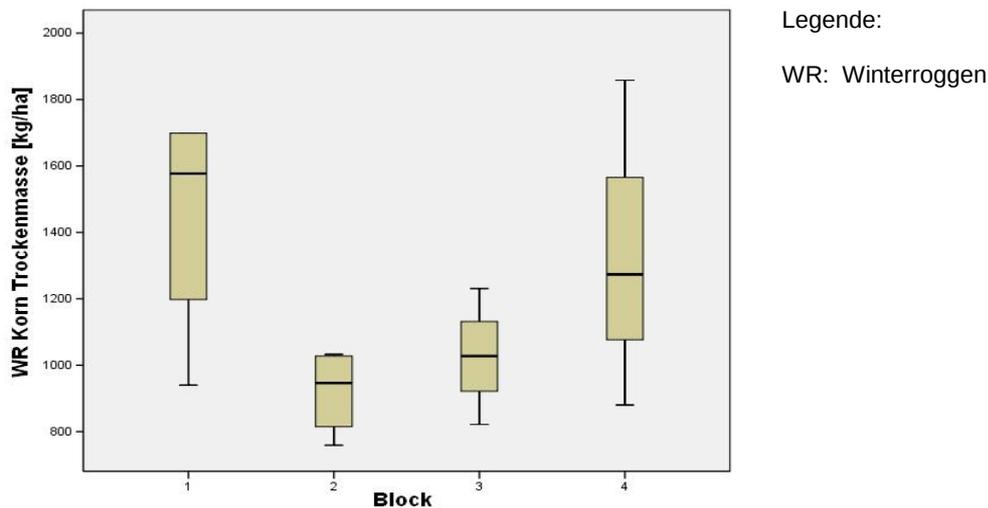


Abb. 40: Körner-Trockenmasse der Blocks 1 – 4, Bereich Winterroggen, Juli 2002

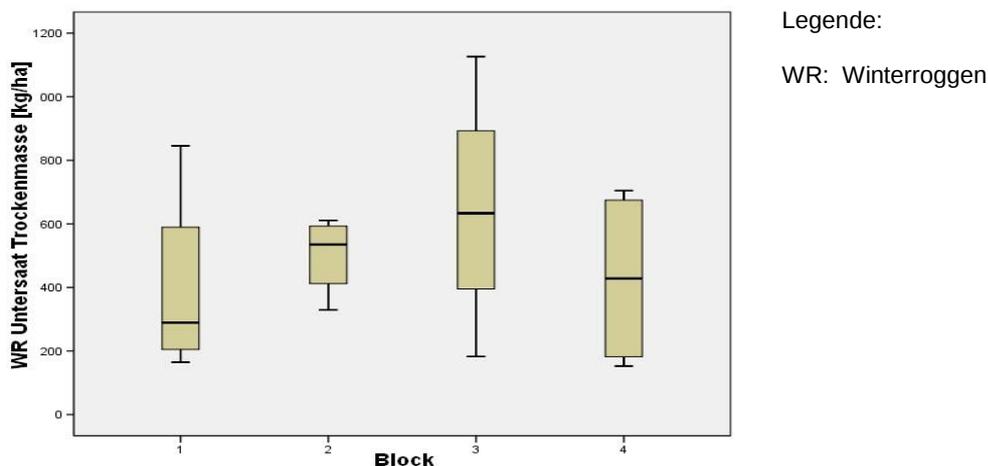


Abb. 41: Untersaat-Trockenmasse der Blocks 1 – 4, Bereich Winterroggen, Juli 2002

Die zweiten Probenahmen wurde im September 2002 durchgeführt. Die Darstellung der Aufwuchsmengen erfolgte in Form von Boxplots (Abb. 42). Die Mediane zeigten sehr gleichmäßige Wuchsbedingungen obwohl es in Block 2 zu einer größeren Streuung der Messwerte kam. Block (Wiederholungen) 1, 3 und 4 wiesen Ausreißer auf. Auf eine weitere statistische Auswertung wurde auch hier verzichtet.

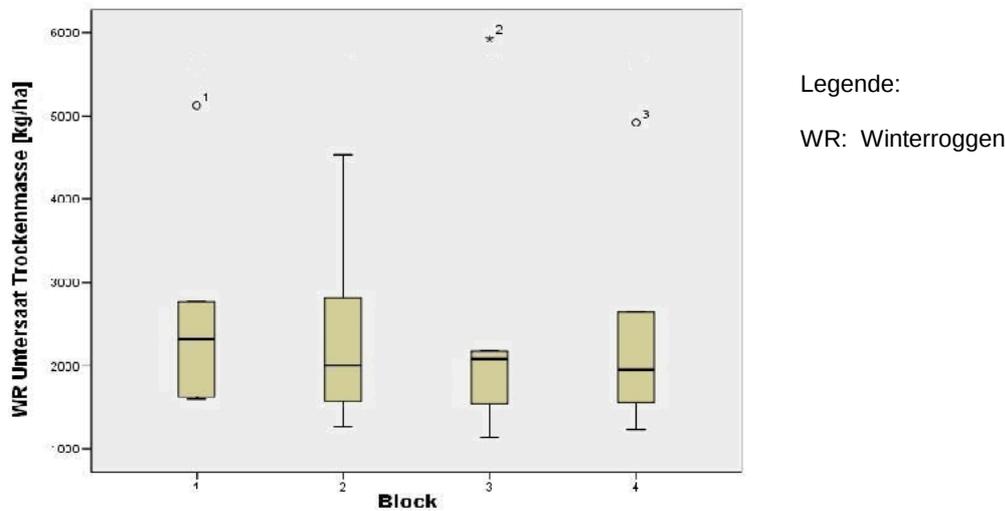


Abb. 42: Untersaat Trockenmasse der Blocks 1 – 4, Bereich Winterroggen, Sept. 2002.

4.5.2. Erträge der Deckfrucht Winterroggen (Probenahme 07.2002)

Die Frischmassen der Körnerproben wurden nicht getrocknet, sondern ein allgemeiner Feuchte-Anteil von 14 % angenommen. Der vom Winterroggen erreichte Frischmasse-Kornertrag von etwa 1100 – 1460 kg/ha war sehr gering und unterschied sich nicht signifikant zwischen den Parzellen aller Untersaat-Varianten, den Parzellen der Zwischenfrucht (Blanksaat) und der Null-Parzellen (Tabelle 22 und 23).

Die höchsten Kornerträge erreichten die Bestände über den Wundklee-Untersaaten, gefolgt von Luzerne-Untersaaten und den Null-Parzellen. Die Streuung der Erträge über den Luzerne-Parzellen war relativ groß (Abb. 43). Die Stängel- und Stoppelerträge (Frisch- und Trockenmassen) über Wundklee-Untersaaten waren wiederum die höchsten, gefolgt von den Erträgen der Steinklee- und Null-Parzellen. Große Streuung wiesen Luzerne-, Wundklee- und Steinklee-Parzellen auf (Abb. 44).

Tab. 22: Frischmasse-Mittelwerte aus 4 Wiederholungen und Standardabweichungen der Deckfrucht Winterroggen

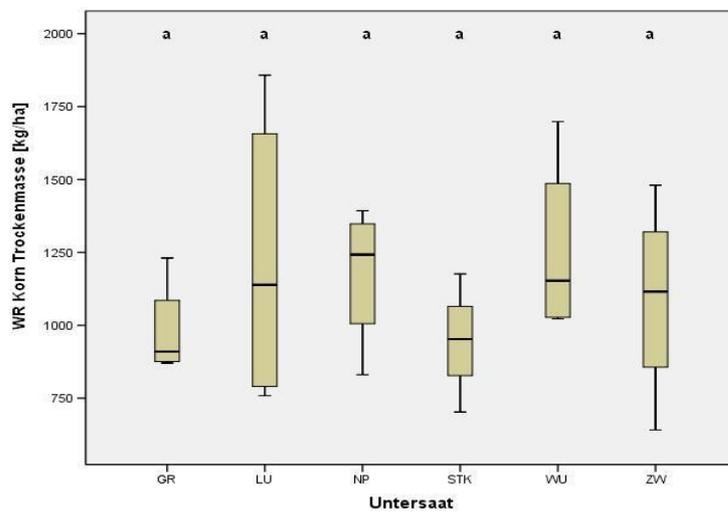
DECKFRUCHT WINTERROGGEN über	Frischmasse Mittelwerte Korn [kg/ha]	Frischmasse Standardabweichung Korn [kg/ha]	Frischmasse Mittelwerte Stängel + Stoppel [kg/ha]	Frischmasse Standardabweichung Stängel + Stoppel [kg/ha]
Wundklee	1461,3 ^a	368,3	6422,2 ^a	2600,8
Steinklee	1099,9 ^a	225,1	6131,5 ^a	1941,5
Gras	1140,0 ^a	197,4	4836,2 ^a	645,6
Luzerne	1422,6 ^a	613,0	5719,0 ^a	1885,0
Zwischenfrucht	1265,3 ^a	402,3	5161,4 ^a	1055,8
Null-Parzellen	1368,4 ^a	287,1	5935,5 ^a	2647,9

Legende: Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($P < 0,05$)

Tab. 23: Trockenmasse-Mittelwerte aus 4 Wiederholungen und Standardabweichungen der Deckfrucht Winterroggen

DECKFRUCHT WINTERROGGEN über	Trockenmasse Mittelwerte Korn [kg/ha]	Trockenmasse Standardabweichung Korn [kg/ha]	Trockenmasse Mittelwerte Stängel+Stoppel [kg/ha]	Trockenmasse Standardabweichung Stängel+Stoppel [kg/ha]
Wundklee	1256,7 ^a	316,7	5443,7 ^a	1659,2
Steinklee	945,9 ^a	193,6	5283,5 ^a	1516,3
Luzerne	1223,4 ^a	527,2	5087,9 ^a	1796,2
Gras	980,4 ^a	169,8	4275,0 ^a	422,0
Zwischenfrucht	1088,2 ^a	346,0	4726,0 ^a	1036,8
Null-Parzellen	1176,8 ^a	246,9	5218,0 ^a	492,0

Legende: Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($P < 0,05$)

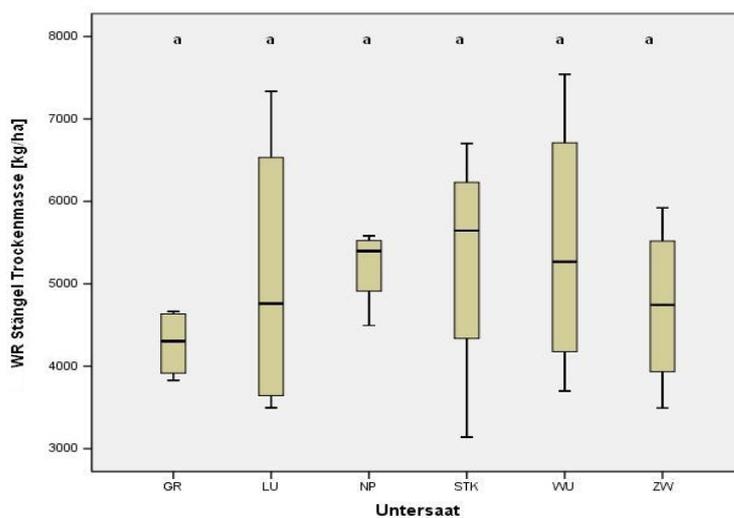


Legende:

- GR: Gras
- LU : Luzerne
- NP: Null-Parzelle
- STK: Steinklee
- WU: Wundklee
- ZW: Zwischenfrucht
- WR: Winterroggen

Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($P < 0,05$)

Abb. 43: Winterroggen-Kornerträge [kg/ha] Trockenmasse



Legende:

- GR: Gras
- LU : Luzerne
- NP: Null-Parzelle
- STK: Steinklee
- WU: Wundklee
- ZW: Zwischenfrucht
- WR: Winterroggen

Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($P < 0,05$)

Abb. 44: Stängel incl. Stoppel [kg/ha], Winterroggen Trockenmasse

4.5.3. Erträge der Untersaat-Varianten (Probenahme 07.2002)

Die Frisch- und Trockenmasse-Proben der Untersaat-Varianten unter Winterroggen ergaben folgende Erträge (Tab. 24 und 25):

Tab. 24: Untersaat-Frischmassen [kg/ha] unter der Deckfrucht Winterroggen

UNTERSAAT Variante	Frischmasse Mittelwert [kg/ha]	Standardabweichung [kg/ha]
Wundklee	2658,1 ^b	684,6
Steinklee	4055,1 ^b	3050,6
Luzerne	1840,2 ^{ab}	1249,6
Gras	743,3 ^a	265,5

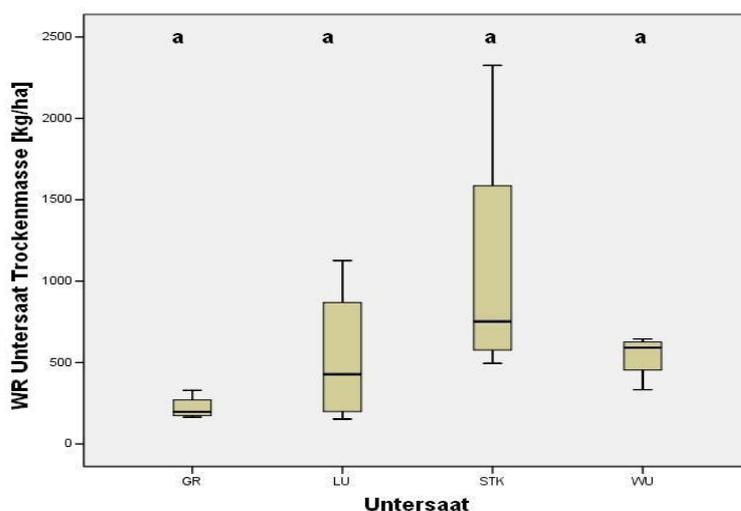
Legende: Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($P < 0,05$)

Tab. 25: Untersaat-Trockenmassen [kg/ha] unter der Deckfrucht Winterroggen

UNTERSAAT Variante	Trockenmasse Mittelwert [kg/ha]	Trockenmasse [% der Frischmasse]	Standardabweichung [kg/ha]
Wundklee	540,2 ^a	20	140,8
Steinklee	1081,3 ^a	27	841,8
Luzerne	533,8 ^a	29	441,8
Gras	222,2 ^a	30	73,9

Legende: Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($P < 0,05$)

Die Mittelwerte der Steinklee-Erträge (Frisch- und Trockenmasse) waren die höchsten, gefolgt von Wundklee und Luzerne, die bei der Trockenmasse fast gleiche Werte erreichten, bei den Frischmassen-Erträgen allerdings weit auseinander lagen. Ausgehend von der Frischmasse (100 %) verlor der Wundklee einen Feuchteanteil von rund 80 %. der Steinklee immerhin noch ca. 73%, Luzerne 71 % und Gras 70 %. Die Streuung der Steinklee-Werte war relativ groß. Die Mittelwert-Mehrfachvergleiche ergaben nur bei der Frischmasse signifikanten Unterschiede. Die Trockenmassen der Untersaaten unterschieden sich nicht signifikant (Abb. 45).



Legende:

- GR: Gras
- LU: Luzerne
- STK: Steinklee,
- WU: Wundklee
- WR: Winterroggen

Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($P < 0,05$)

Abb. 45: Untersaat-Trockenmasse unter der Deckfrucht Winterroggen (Juli 2002)

4.5.4. Erträge der Untersaat-Varianten (Probenahme 09.2002)

Die Mittelwerte der Frisch- und Trockenmasse-Proben der Untersaat-Varianten ergaben folgende Erträge (siehe Tab. Nr. 26 und 27 und Abb. 46 und 47) :

Tab. 26: Mittelwerte und Standardabweichung der Untersaat- und Zwischenfrucht-Frischmassen (Deckfrucht Winterroggen, September 2002)

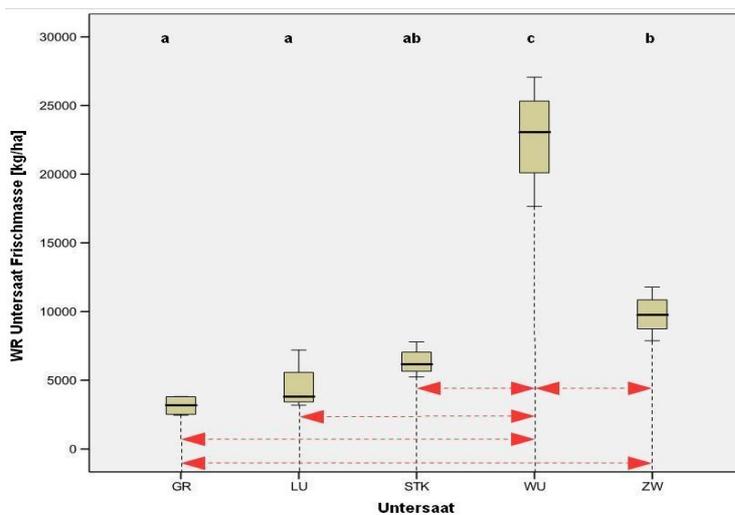
UNTERSAAT-Variante	Frischmasse Mittelwert [kg/h]	Frischmasse Standardabweichung [kg/h]
Wundklee	22713,7 ^c	3883,9
Steinklee	6350,0 ^{ab}	1060,0
Luzerne	4500,2 ^a	1827,7
Gras	3161,5 ^a	738,2
Zwischenfrucht	9795,6 ^b	1595,4

Legende: Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant, ($P < 0,05$)

Tab. 27: Mittelwerte und Standardabweichung der Untersaat- und Zwischenfrucht-Trockenmassen (Deckfrucht Winterroggen, September 2002)

UNTERSAAT-Variante	Trockenmasse Mittelwert [kg/h]	Trockenmasse in % der Frischmasse [%]	Trockenmasse Standardabweichung [kg/h]
Wundklee	5124,8 ^c	23	587,4
Steinklee	2486,9 ^b	39	295,2
Luzerne	1777,9 ^{ab}	40	676,0
Gras	1396,5 ^a	44	230,4
Zwischenfrucht	1910,9 ^{ab}	20	213,0

Legende: Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant, ($P < 0,05$)



Legende:

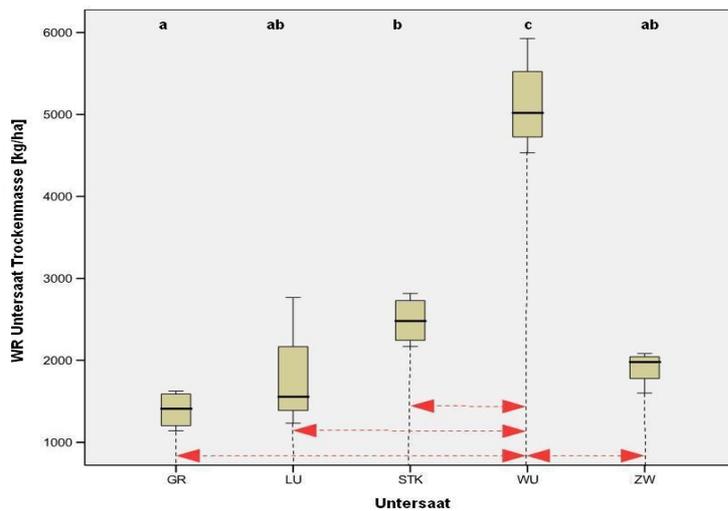
- GR: Gras
- LU: Luzerne
- ST:K Steinklee
- WU: Wundklee
- ZW: Zwischenfrucht
- WR: Winterroggen

signifikante Differenzen



Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant, ($P < 0,05$)

Abb. 46: Untersaat-Aufwuchs Frischmasse [kg/ha] unter der Deckfrucht Winterroggen



Legende:

- GR: Gras
- LU: Luzerne
- STK: Steinklee
- WU: Wundklee
- ZW: Zwischenfrucht
- WR: Winterroggen

signifikante Differenzen



Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant, ($P < 0,05$)

Abb. 47 : Untersaat-Aufwuchs Trockenmassen [kg/ha] unter der Deckfrucht Winterroggen

Die Mittelwert-Mehrfachvergleiche zeigten signifikante Unterschiede zwischen Untersaat- bzw. Zwischenfrucht-Varianten. Die Wundklee-Frisch- und Trockenmassen waren deutlich größer als alle anderen Untersaat-Erträge. Wundklee- und Zwischenfrucht-Frischmassen erlitten den höchsten Gewichtsverlust durch die Trocknung.

4.5.5. Wurzelmassen (Probenahme 09.2002)

Mittelwerte der Wurzel-Trockenmassen aus den Parzellenbereichen Winterroggen und der Bodentiefe von 0 – 60 cm (Tab. 28, Abb. 48):

Tab. 28: Mittelwerte und Standardabweichung der Wurzel-Trockenmassen in 0 – 30 cm und 30 – 60 cm Tiefe [kg/ha].

Wurzeln im Parzellen-Bereich	Wurzelmasse in 0-30 cm Tiefe [kg/ha]	Wurzelmasse Standardabweichung [kg/ha]	Wurzelmasse in 30-60 cm Tiefe [kg/ha]	Wurzelmasse Standardabweichung [kg/ha]
Wundklee	1895,6 ab	896,0	432,0 a	313,0
Steinklee	4594,1 c	1481,9	527,7 a	278,6
Luzerne	2601,1 bc	1561,5	409,1 a	325,5
Gras	1502,4 ab	356,4	256,1 a	51,1
Zwischenfrucht	369,4 a	284,7	271,8 a	84,4
Null-Parzelle	603,0 ab	470,1	363,8 a	253,0

Legende: Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant, ($P < 0,05$)

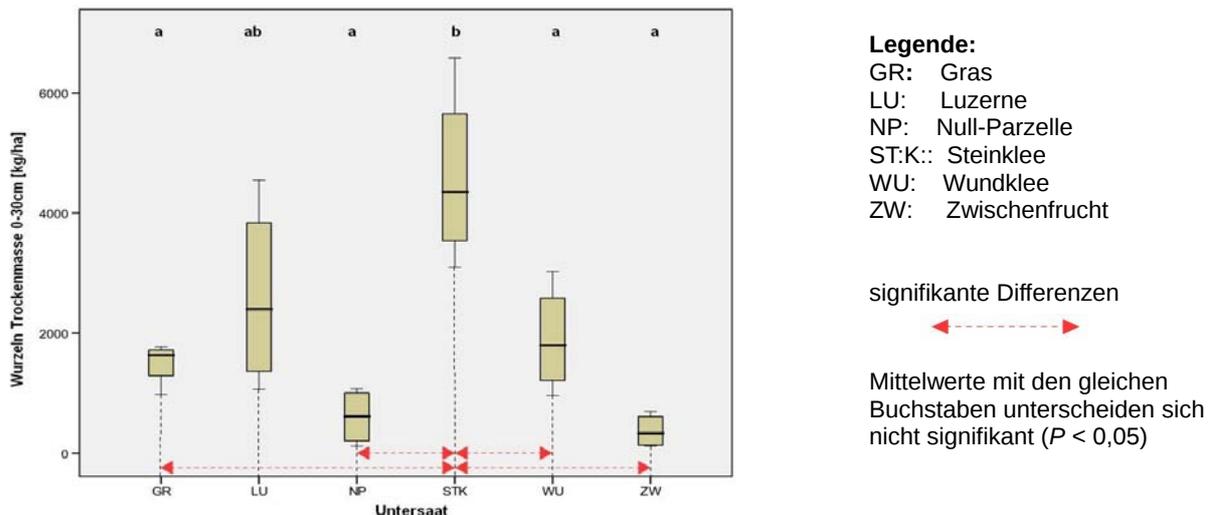


Abb. 48: Wurzel-Trockenmassen [kg/ha] im Bereich Winterroggen (Bodentiefe 0 – 30 cm)

Die hohen Wurzelmassen der Steinklee-Parzellen unterschieden sich in einer Tiefe von 0 – 30 cm signifikant von allen anderen Wurzelmassen der verschiedenen Parzellen. Weitere signifikante Differenzen mit allen anderen Parzellen gab es bei den Zwischenfrucht-Parzellen und den Luzerne-Parzellen. Die Zwischenfrucht-Parzellen wiesen die geringsten Wurzelmassen in dieser Tiefe auf obwohl sich der Bestand der Zwischenfrucht gut entwickelt hatte allerdings teilweise etwas ungleich verteilt war. Die Wurzelmassen der Null-Parzelle waren bei einer Bodenbedeckung von 54 % (Frischmasse 2874,-- kg/ha) auffallend hoch (Tab.28).

In der Bodentiefe von 30 – 60 cm lagen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Wurzelmassen in den Parzellen vor. Die Wurzelmassen von Gras- und Zwischenfrucht-Parzellen waren hier am geringsten.

4.5.6. Beikraut (Probenahme 07.2002)

Tab. 29: Beikraut-Aufwuchs Frischmasse [kg/ha] (Deckfrucht Winterroggen, Juli 2002)

BEIKRAUT – FRISCHMASSE unter Winterroggen	Mittelwert [kg/ha]	Standardabweichung [kg/ha]
Wundklee	634,8 ^a	249,4
Steinklee	1032,4 ^a	878,5
Luzerne	920,5 ^a	354,0
Gras	840,2 ^a	462,2
Zwischenfrucht	1605,8 ^a	449,5
0-Parzelle	1207,3 ^a	733,3

Legende: Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($P < 0,05$)

Die Mittelwert-Mehrfachvergleiche zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Beikraut-Beständen der Versuchspartellen. Auf den noch nicht bewachsenen Parzellen (Zwischenfrucht- und Null-Parzelle) war der Beikraut-Bestand deutlich erhöht. Die Beikraut-Werte der Steinklee- und Null-Parzellen wiesen eine relativ hohe Streuung auf. Die Wundklee-Parzellen zeigten die niedrigsten Beikraut-Werte (Tab. 29).

4.5.7. Beikraut (Probenahme 09.2002)

Tab. 30: Beikraut-Frischmasse pro Untersaat-Variante [kg/ha] im Bereich der Deckfrucht Winterroggen (September 2002)

BEIKRAUT in Untersaat-Variante	Frischmasse Mittelwert [kg/ha]	Frischmasse Standardabweichung [kg/ha]
Wundklee	402,0 ^a	275,3
Steinklee	570,6 ^a	423,6
Luzerne	152,8 ^a	116,1
Gras	1174,1 ^a	494,2
Zwischenfrucht	857,6 ^a	184,0
Null-Parzelle	2874,5 ^b	945,5

Legende: Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant, ($P < 0,05$)

Die Mittelwert-Mehrfachvergleiche zeigten signifikante Unterschiede zwischen den Beikraut-Beständen der Null-Parzellen gegenüber allen anderen Parzellen. Luzerne-Parzellen wiesen den geringsten Beikraut-Bestand auf (Tab. 30, Abb. 49).

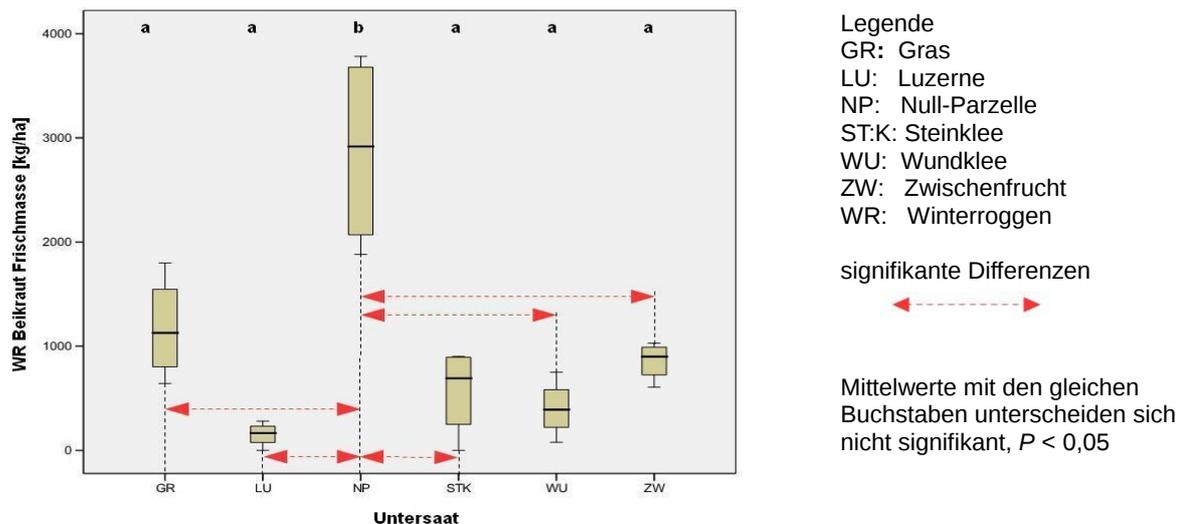


Abb. 49 : Beikraut-Frischmasse [kg/ha] im Bereich Winterroggen (Sept. 2002)

4.6. Stickstoffertrag (Bereich Winterroggen)

Die Überprüfung eventuell vorliegender signifikanter Unterschiede zwischen den Stickstoffträgen oder Stickstoffgehalten erfolgte jeweils durch Mehrfach-Mittelwertvergleiche (Post-Hoc-Test, Tukey-HSD) bei einem Signifikanzniveau von $P < 0,05$. Homogene Untergruppen wurden mit Buchstaben gekennzeichnet. Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterschieden sich nicht signifikant. Die Mittelwerte wurden aus jeweils 4 Proben berechnet.

4.6.1. Stickstoffertrag (Deckfrucht)

Der Stickstoffgehalt aller Pflanzenteile der Deckfrucht Winterroggen wurde in der Tab. 31 zusammengestellt (Probenahme Juli 2002).

Tab 31: N-Ertrag [kg/ha] und N-Gehalt [%] der Winterroggen-Trockenmasse (Körner, Stängel und Stoppel, Juli 2002)

N-Ertrag [kg/ha] Winterroggen (Körner, Stängel und Stoppel) Juli 2002				N-Gehalt in %	
Parzellen-Bereich	Winterroggen Trockenmasse	Mittelwert	Standard- abweichung	Mittelwert N %	Standard- abweichung
Wundklee	Körner	21,9 ^a	7,0	1,72 ^a	0,15
	Stängel und Stoppel	37,3 ^a	15,3	0,71 ^a	0,15
	gesamt	59,2 ^a	21,7		
Steinklee	Körner	15,2 ^a	4,2	1,59 ^a	0,15
	Stängel und Stoppel	34,1 ^a	11,5	0,82 ^a	0,29
	gesamt	49,4 ^a	15,3		
Luzerne	Körner	20,8 ^a	9,6	1,70 ^a	0,13
	Stängel und Stoppel	37,6 ^a	12,5	0,85 ^a	0,31
	gesamt	58,4 ^a	21,3		
Gras	Körner	16,5 ^a	1,9	1,70 ^a	0,11
	Stängel und Stoppel	27,9 ^a	6,3	0,72 ^a	0,14
	gesamt	44,4 ^a	5,8		
Zwischenfrucht	Körner	18,0 ^a	5,8	1,66 ^a	0,05
	Stängel und Stoppel	28,7 ^a	6,7	0,77 ^a	0,35
	gesamt	46,7 ^a	10,6		
0-Parzelle	Körner	20,6 ^a	5,0	1,75 ^a	0,08
	Stängel und Stoppel	31,4 ^a	2,9	0,66 ^a	0,11
	gesamt	52,1 ^a	6,0		

Legende: Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant, ($P < 0,05$)
 Der auf kg/ha hochgerechnete Stickstofftrag des Pflanzen-Bestandes der Deckfrucht Winterroggen war im Bereich der Wundklee-Parzellen am höchsten (59,2 kg/ha), knapp gefolgt von der Luzerne (58,4 kg/ha) Der niedrigste N-Ertrag (44,4 kg/ha) der Deckfrucht wurde im Bereich der Gras-Parzellen gemessen. Der Getreide-Bestand der Null-Parzellen wies einen N-Ertrag von 52,1 kg/ha auf und lag damit annähernd im Mittelfeld. Die verschiedenen Versuchs-Parzellen wiesen weder bei den Kornerträgen, noch bei den Stängel- und Stoppelmassen signifikante Differenzen auf. Auch die Stickstoffgehalte [N %] unterschieden sich nicht signifikant. (Signifikanzniveau $P < 0,05$).

4.6.2. Stickstofftrag (Untersaaten und Zwischenfrucht)

Der mittlere Stickstoff-Gehalt der trockenen Grünmassen (Blätter, Stängel und Stoppel) von den Untersaat-Varianten und der Zwischenfrucht wurde in der Tabelle Nr. 32 aufgelistet. Die Probenahme erfolgte im September 2002.

Tab. 32: N-Ertrag [kg/ha] und N-Gehalt [%] der trockenen Grünmasse von Untersaat-Varianten und der Zwischenfrucht (Probenahme September 2002)

N-Ertrag [kg/ha] Untersaaten- und Zwischenfrucht-Aufwuchs (September 2002)			N – Gehalt in % der Trockenmasse	
Untersaat-Parzellen Bereich Winterroggen	Mittelwert N [kg/ha]	Standard-abweichung	Mittelwert N %	Standard-abweichung
Wundklee	132,7 d	14,4	2,46 b	0,32
Steinklee	73,2 c	7,3	2,95 c	0,09
Luzerne	52,4 b	15,3	2,71 bc	0,70
Gras	26,0 a	3,7	1,75 a	a 0,43
Zwischenfrucht	53,0 bc	6,0	2,31 b	0,66

Legende Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant, ($P < 0,05$)

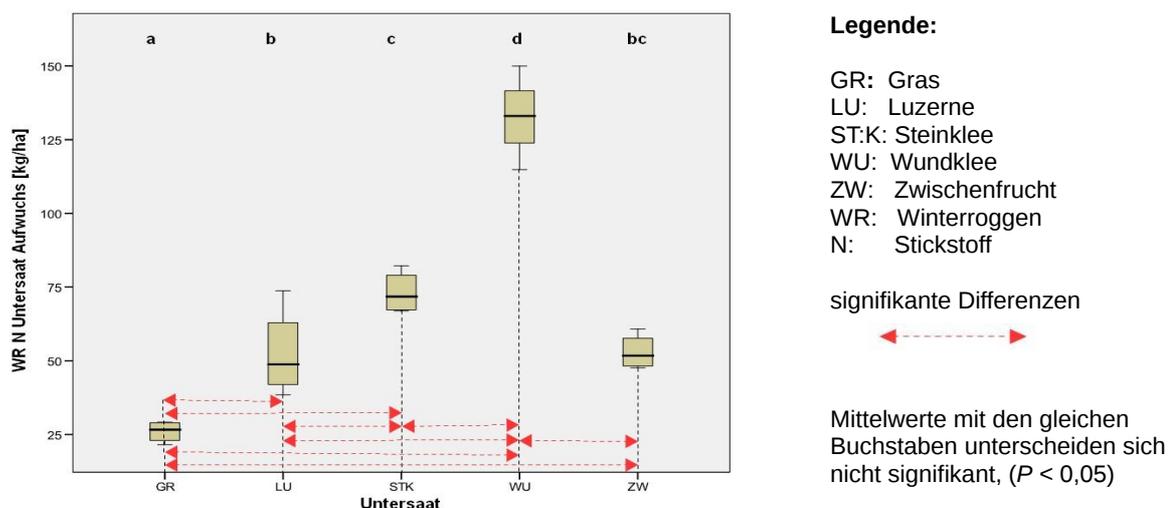


Abb. 50: Stickstoff-Ertrag im Aufwuchs (Untersaaten und Zwischenfrucht, Sept. 2002)

Die Ergebnisse der Stickstoff-Bestimmung zeigten bei der Wundklee-Variante einen auffallend hohen Stickstoff-Ertrag (132,7 kg/ha). Begründet wurde dieser Wert durch die sehr hohen Grünmasse-Erträge pro ha (siehe Punkt 4.5.4., Tab. 27). Der Stickstoff-Gehalt in % (2,46 %) findet sich erst an dritter Stelle. Die N-Werte für den Gras-Aufwuchs (1,75 % N-Gehalt / 26 kg/ha N-Ertrag) sind die niedrigsten. Es wurden signifikante Differenzen innerhalb der Stickstoff-Erträge [kg/ha] und der Stickstoff-Gehalte (N %) festgestellt. (Signifikanzniveau $P < 0,05$, Abb. 50).

4.6.3. Stickstoffertrag (Wurzelmasse)

Die Proben für die Stickstoff-Bestimmung der Wurzelmassen im Boden der Versuchspartzen (Deckfrucht Winterroggen) wurden im September 2002 gezogen. Der Stickstoffertrag der Wurzeln wurde mit den ausgewaschenen und getrockneten Wurzelmassen [g/kg Boden] aus den Bodenproben auf Stickstoff-Gehalte in kg/ ha hochgerechnet (Tab 33). Der Wurzelanteil des Winterroggens, der noch nicht mineralisiert war, und Wurzelanteile des Beikrautes konnte nicht von den Wurzeln der Leguminosen getrennt werden. Die Wurzelmassen der Null-Parzelle wurde zwar erhoben, aber nicht auf ihren Stickstoffgehalt hin untersucht, da vor allem die Stickstoffwerte der nodulierenden Leguminosen von Interesse waren.

Tab. 33: Stickstoffgehalt [%] und Stickstoffertrag [kg/ha] der Wurzelmassen aus den Untersaat- und Zwischenfrucht-Parzellen im Bereich Winterroggen (Probenahme Sept. 2002)

N-Ertrag [kg/ha] der Wurzelmassen (Bereich Winterroggen) Sept. 2002				N - Gehalt in % der Trockenmasse	
Untersaat- Parzellen	Bodentiefe [cm]	Mittelwert [kg/ha]	Standard- abweichung	Mittelwert N %	Standard- abweichung
Wundklee	30	28,4 ab	13,1	1,50 ab	0,10
	60	7,7 a	4,3	1,89 a	0,29
	gesamt	36,1 ab	16,7		
Steinklee	30	100,8 c	33,3	2,23 c	0,55
	60	12,3 a	2,8	3,11 a	2,43
	gesamt	113,2 c	32,6		
Luzerne	30	50,3 b	29,5	1,92 bc	0,23
	60	8,8 a	6,9	2,11 a	0,15
	gesamt	59,1 b	31,1		
Gras	30	15,4 ab	4,0	1,02 a	0,06
	60	3,4 a	0,5	1,35 a	0,19
	gesamt	18,8 ab	4,5		
Zwischenfrucht	30	6,2 a	4,6	1,71 bc	0,17
	60	4,4 a	1,2	1,63 a	0,17
	gesamt	10,5 a	4,2		

Legende: Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant, ($P < 0,05$)

Die Bestimmung des Stickstoff-Ertrages der Wurzelmassen aus der Bodentiefe von 0 – 30 cm und 30 – 60 cm ergaben bei den Steinklee-Parzellen die höchsten Werte (113,2 kg/ha), die nicht nur durch die höchsten N-Gehalt des Wurzelmaterials (2,23 % und 3,11 % N), sondern auch durch die

hohe Wurzeldichte in diesen Bereichen zu Stande kamen (siehe Tab. 27). Den geringsten Stickstoff-Gehalt wiesen Graswurzeln auf (1,02 % und 1,35 % N), erreichten aber durch die Masse der Wurzeln die vorletzte Stelle bei den Stickstoff-Erträgen [18,8 kg/ha]. Die Wurzeln der Zwischenfrucht-Parzellen wiesen zwar einen höheren Stickstoff-Gehalt auf als die Gras-Wurzeln, erreichten aber durch die kleine Gesamtwurzelmasse nur den niedrigsten Stickstoff-Ertrag [10,5 kg/ha].

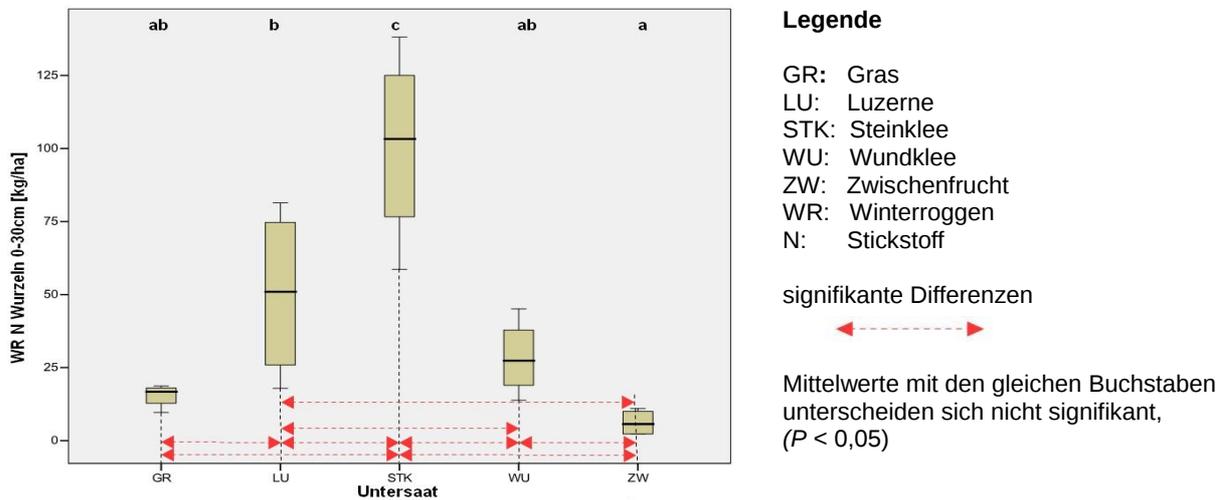


Abb. 51: Stickstoff-Ertrag der Wurzelmasse (0 – 30 cm Tiefe) Bereich Winterroggen

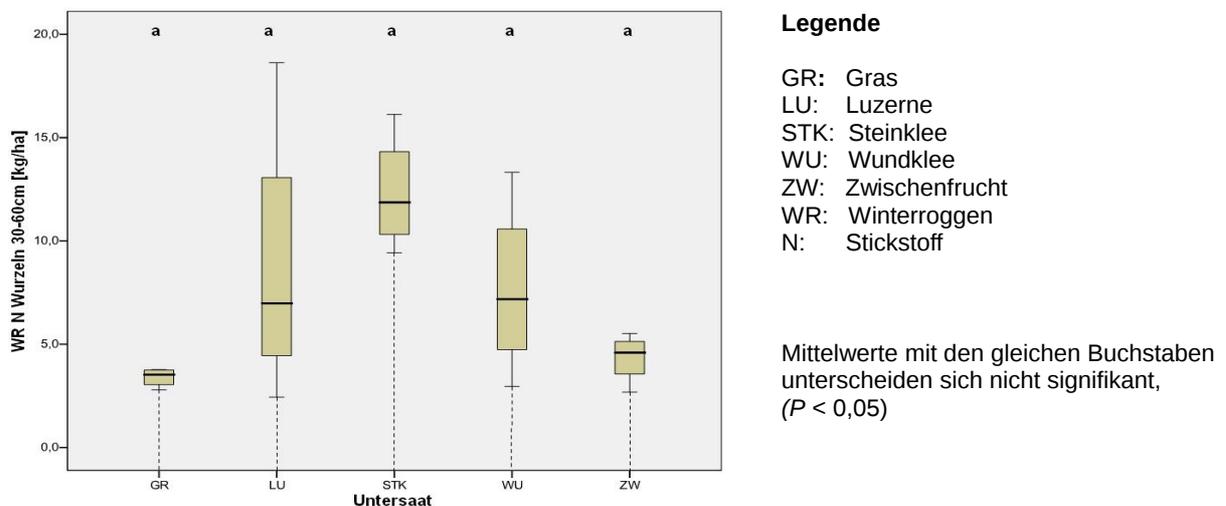


Abb. 52: Stickstoff-Ertrag der Wurzelmasse (30 – 60 cm Tiefe) Bereich Winterroggen

Abb. 51 stellt die Stickstofferträge [kg/ha] und die signifikanten Differenzen ($P < 0,05$) der Wurzelmassen in 0 – 30 cm Bodentiefe dar. Der Stickstoffertrag der Wurzelmassen in 30 – 60 cm Tiefe unterschied sich nicht signifikant (Abb. 52).

Abb. 53 gibt einen Überblick über den Stickstoffertrag der jeweils gesamten Wurzelmassen (0 – 60 cm Bodentiefe).

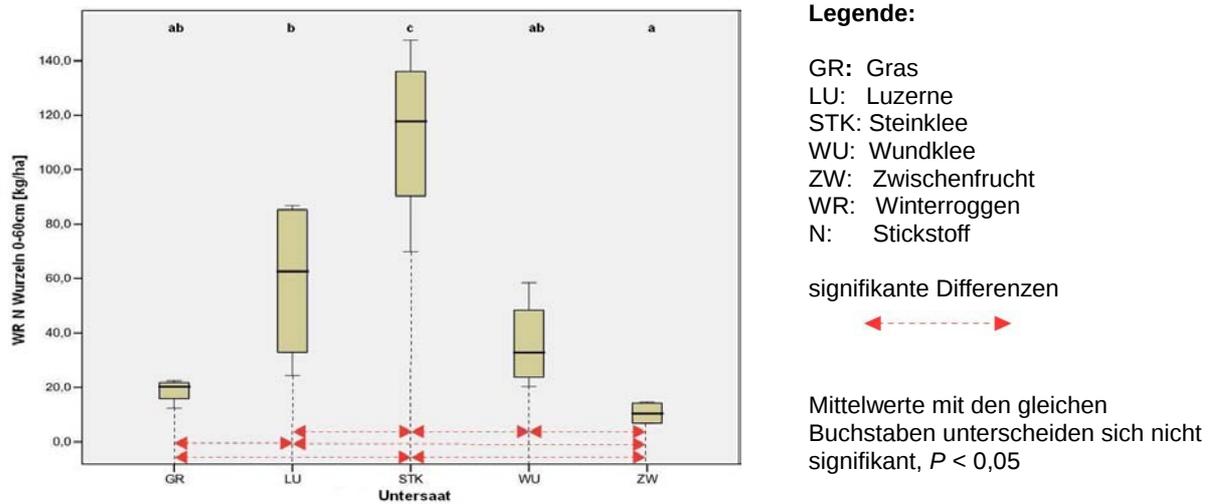


Abb. 53: Stickstoff-Ertrag der Untersaat- und Zwischenfrucht-Wurzeln (0 – 60 cm Tiefe)

4.6.4. Stickstoffertrag (Biomasse gesamt)

Die gesamte Biomasse der Untersaaten und der Zwischenfrucht (Aufwuchs und Wurzelmasse) im Bereich Winterroggen, ergab folgende Stickstoff-Erträge (Tab 34, Abb. 54):

Tab. 34: Stickstoffertrag der gesamten Biomasse (Untersaaten und Zwischenfrucht)

Stickstoff – Erträge der gesamten Biomasse (Untersaat und Zwischenfrucht)					
Versuchs-Varianten	Wundklee	Steinklee	Luzerne	Gras	Zwischenfrucht
N [kg/ha]	168,8 ^c	186,3 ^c	111,5 ^b	44,9 ^a	63,5 ^{ab}

Legende: Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant, ($P < 0,05$)

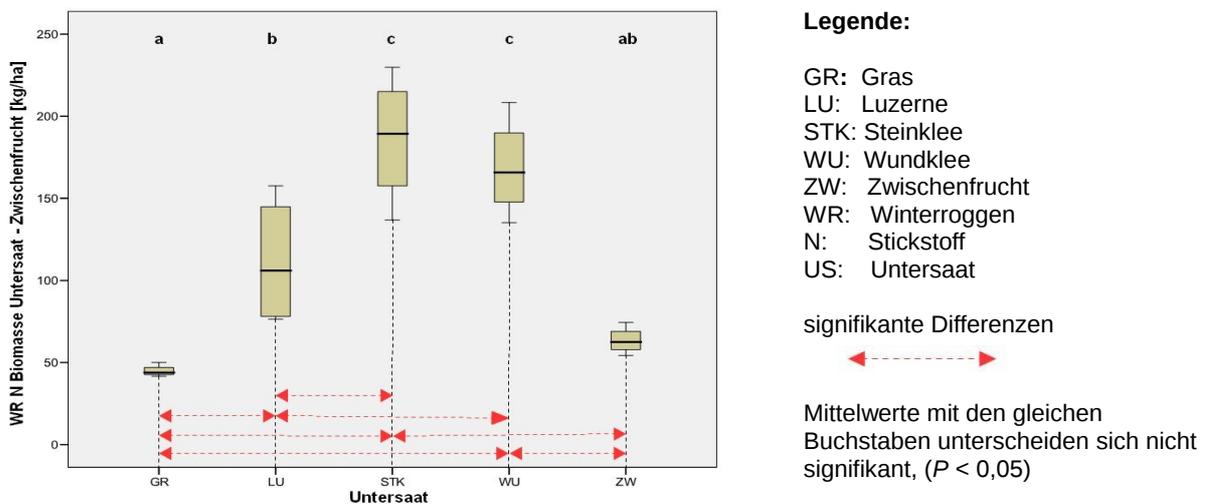


Abb. 54: Stickstoff-Ertrag der gesamte Biomasse (Untersaaten und Zwischenfrucht)

Die Stickstofferträge der gesamten Biomassen unterschieden sich signifikant (Signifikanzniveau $P < 0,05$). Die Stickstofferträge von Steinklee und Wundklee lagen an der Spitze und übertrafen die Werte der Luzerne deutlich. Die Werte der Zwischenfrucht erreichten nur ein gutes Drittel der Stickstoffwerte des Steinklees und lagen an vorletzter Stelle. Gras wies die niedrigsten Stickstoffwerte auf (Abb. 54).

4.6.5. Bodenbürtiger Stickstoff

Der Teil des Stickstoffs, der von den Leguminosen und der Zwischenfrucht (Mischung aus Leguminosen und Nicht-Leguminosen) dem Boden entzogen wurde, wurde nach der Formel von Stülpnagel (Kapitel 3.4.9.3.) berechnet (Tab. 35).

Tab. 35: Bodenbürtiger Stickstoff im Aufwuchs von Untersaaten und Zwischenfrucht

Bodenbürtiger Stickstoff [kg/ha]				
Leguminosen u. Zwischenfrucht	Wundklee	Steinklee	Luzerne	Zwischenfrucht
N [kg/ha]	52,1 ^a	47,1 ^a	37,1 ^a	47,8 ^a
Standardabw.	40,2	36,3	20,2	31,3

Legende: Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant, ($P < 0,05$)

Es zeigte sich, dass der Wundklee den höchsten Anteil an Boden-Stickstoff aufgenommen hatte, die Luzerne hatte dem Boden die geringsten Stickstoffmenge entzogen. Es wurden keine signifikanten Differenzen festgestellt.

4.6.6. Schätzung der biologischen Stickstoff-Fixierung

Die Schätzung der biologischen Stickstoff-Fixierung erfolgte nach der Differenzmethode von Hauser (1987), Kapitel 3.4.9.4. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 36 dargestellt.

Tab. 36: Schätzung der biologischen Stickstoff-Fixierung

Biologische Stickstoff-Fixierleistung				
Leguminosen u. Zwischenfrucht	Wundklee	Steinklee	Luzerne	Zwischenfrucht
Mittelwert N [kg/ha]	116,7 ^{cd}	139,3 ^d	74,4 ^{bc}	15,7 ^{ab}
Standardabw. [kg/ha]	45,9	56,2	35,8	37,2

Legende: Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant, ($P < 0,05$)

Die Zwischenfrucht-Mischung aus Leguminosen und Nicht-Leguminosen wies den geringsten Anteil an biologisch fixiertem Stickstoff auf (15,7 kg/ha). Die Streuung der Werte war sehr hoch. Die Berechnung der N-Fixierung durch die Luzerne ergab einen relativ niedrigen Wert (74,4 kg/ha) gegenüber Wundklee (116,7 kg/ha) und Steinklee (139,3 kg/ha).

Es wurden zwischen den Leguminosen-Varianten und der Leguminosen- und Nicht-Leguminosen-Mischung der Zwischenfrucht signifikante Differenzen festgestellt (Signifikanzniveau $P < 0,05$, Abb. 55).

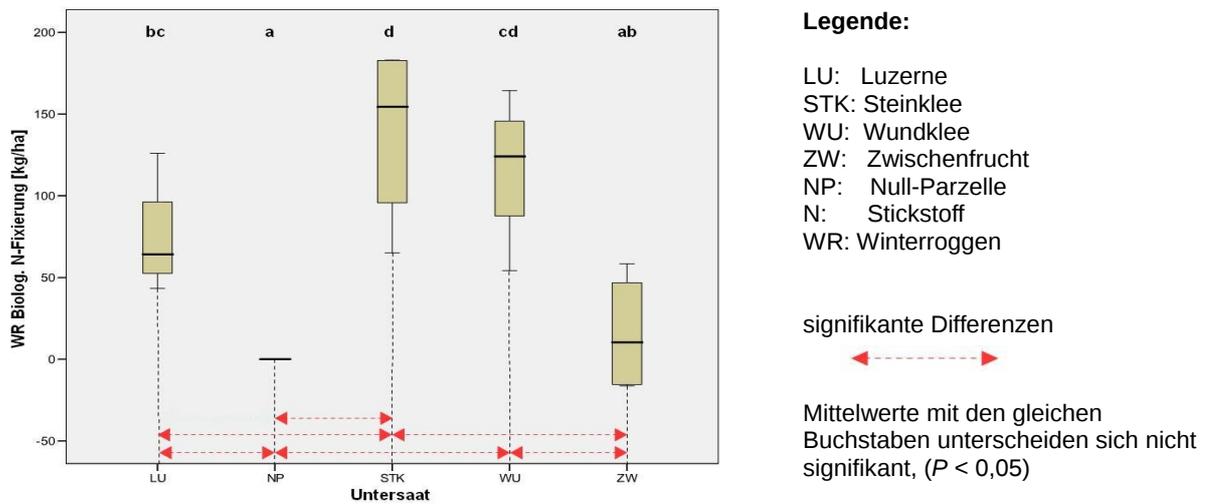


Abb. 55: Schätzung der biologischen Stickstoff-Fixierung [kg/ha] nach der Differenzmethode von Hauser (1987)

4.6.7. Stickstoff – Flächenbilanz

Die Stickstoff-Flächenbilanz wurde nach der Formel von Chalk (Kapitel 3.4.10.) berechnet. Die Ergebnisse wurden in der Tabelle 37 zusammengestellt.

Tab. 37: Stickstoff-Flächenbilanz [kg/ha]

N ₂ Flächenbilanz der Untersaaten, der Zwischenfrucht und der 0-Parzelle [kg/ha]						
	Wundklee	Steinklee	Luzerne	Gras	Zwischenfr.	0-Parzelle
N fix	171,7	195,4	114,6	46,7	65,1	2,9
N harv	56,3	40,3	55,3	42,6	45,1	49,2
Bilanz	115,4 cd	155,2 d	59,2 bc	4,2 ab	20,1 ab	-46,2 a
Standardabw.	42,6	49,3	42,5	2,0	17,9	7,8

Legende: N_{fix} ist die Stickstoffstoffmenge, die auf den Versuchspartellen verbliebenen ist.

N_{harv} ist die Stickstoffmenge die mit dem Erntegut von den Versuchspartellen entfernt worden ist (hier Korn und Stängel der Deckfrucht)

Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant, ($P < 0,05$)

Bis auf die Null-Parzelle, die nur einen sehr kleinen N_{fix} – Anteil aufzuweisen hatte (N-Erträge der Getreide-Stoppel, die am Feld verblieben), waren alle Bilanzwerte positiv. Allerdings war der Stickstoff-Überschuss bei den Gras-Untersaaten sehr gering (4,16 kg/ha). Der Bilanzwert des Steinklees war mit Abstand der höchste (155,2 kg/ha) gefolgt vom Wundklee-Bilanzwert (115,4 kg/ha). Die im Boden verbliebene Wurzelmasse der Deckfrucht blieb unberücksichtigt.

Es wurden signifikante Unterschiede zwischen den Flächenbilanz-Ergebnissen festgestellt (Abb. 56):

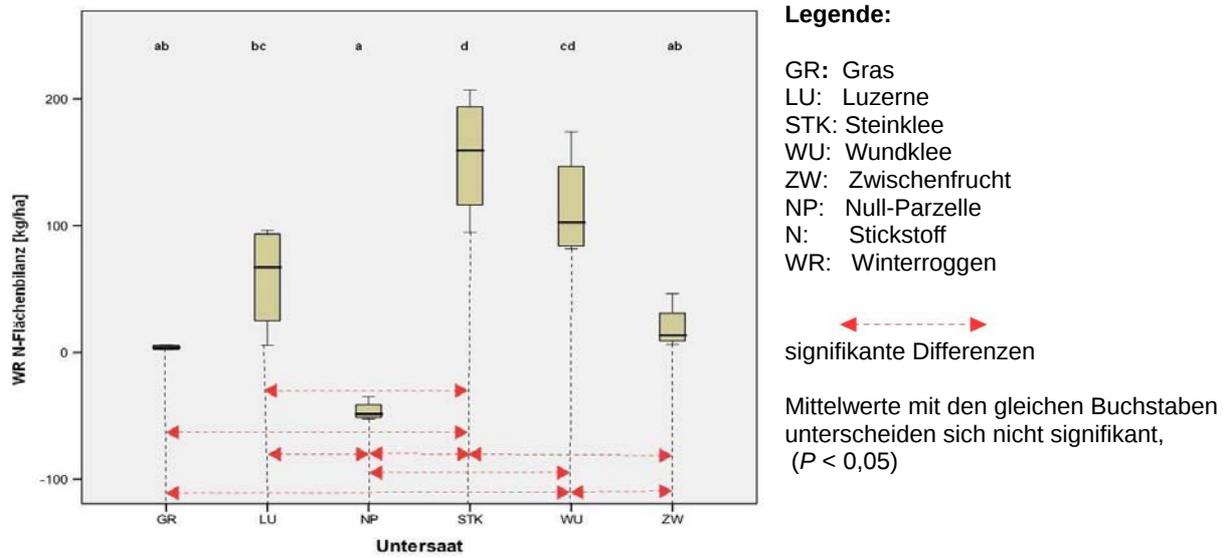


Abb. 56: Stickstoff-Flächenbilanz [kg/ha] der Leguminosen-Varianten, der Zwischenfrucht, der Gras- und der Nullparzelle unter der Deckfrucht Winterroggen ($N_{fix} - N_{harv}$)

4.7. Frisch- und Trockenmassen-Erträge (Bereich Winterweizen)

Die Überprüfung eventuell vorliegender signifikanter Unterschiede zwischen Kornerträgen, Stängel- und Stoppelmengen der Deckfrucht und der Aufwuchsmengen von Untersaaten, der Zwischenfrucht und des Beikrautes erfolgte jeweils durch Mehrfach-Mittelwertvergleiche (Post-Hoc-Test, Tukey-HSD) bei einem Signifikanzniveau von $P < 0,05$. Homogene Untergruppen wurden mit Buchstaben gekennzeichnet. Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterschieden sich nicht signifikant. Die Mittelwerte beruhen auf vierfachen Wiederholungen pro Variante.

4.7.1. Aufwuchs-Vergleiche der Blocks 5 bis 8

Die erste Probenahme für den Aufwuchsvergleich im Bereich Winterweizen erfolgte im Juli 2002. Durch einen Fehler in der Deckfrucht-Aussaart (es wurde vermutlich doppelt gesät) wurde die Untersaat-Entwicklung nach dem Auflaufen teilweise völlig eliminiert oder stark gehemmt. Abb. 57 gibt im grün unterlegten Bereich einen Überblick über den ungefähren Verlauf der zu dicht gesäten Deckfrucht.

5	ZW a2b5	LU a2b3	STK a2b2	WU a2b1
6	STK a2b2	WU a2b1	ZW a2b5	LU a2b3
7	LU a2b3	STK a2b2	WU a2b1	ZW a2b5
8	WU a2b1	ZW a2b5	LU a2b3	STK a2b2

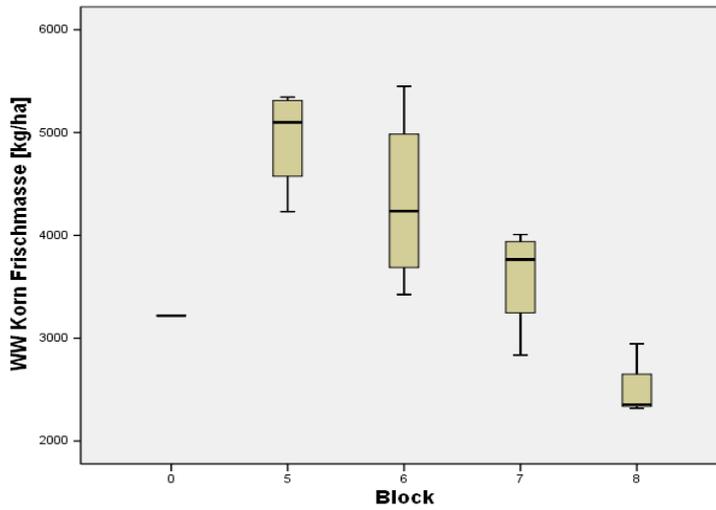
Abb. 57: Parzellen-Plan: Deckfrucht Winterweizen

Legende: ZW: Zwischenfrucht, LU: Luzerne, STK: Steinklee, WU: Wundklee, Block-Varianten 5, 6, 7, und 8.

 bezeichnet Parzellen mit zu hoher Dichte der Deckfrucht Winterweizen

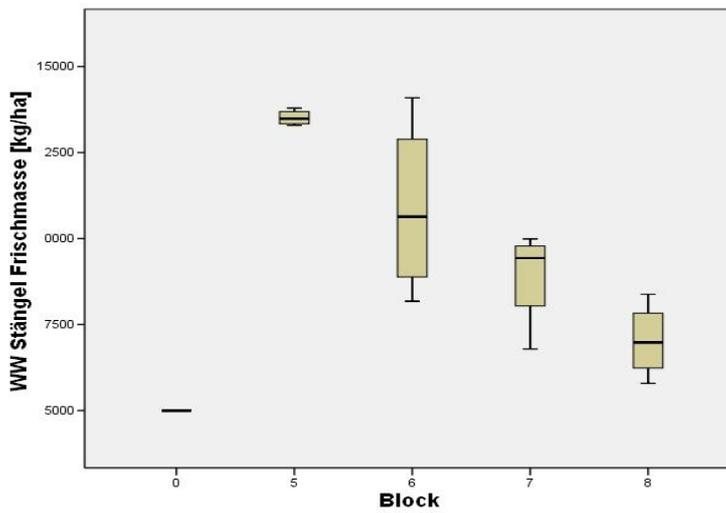
Aus diesem Grund wurden die Parzellen mit fehlerhafter Deckfruchtdichte von der statistischen Auswertung ausgeschieden und nur mehr die restlichen 9 Parzellen ausgewertet. Von dieser Reduktion ausgenommen sind die Abb. 58, 59 und 60, die noch einen vollständigen Überblick über alle Wiederholungen (jeweils 4 pro Untersaat und Zwischenfrucht) geben.

Die Bezeichnung Block Nr. 0 entspricht bei der Deckfrucht Winterweizen keinem eigenen Block mit 4 Wiederholungen ohne Untersaat. Der Deckfrucht-Ertrag wurde in diesem Fall aus dem umgebenden Winterweizenfeld entnommen. Eine Darstellung des Aufwuchses der Blocks 0, 5, 6, 7 und 8 in Form von Boxplots (Abb. 58, 59 und 60) zeigt deutlich die Auswirkung der zu dicht besäten Parzellen-Anteile auf die Untersaaten. Auf eine weitere statistische Auswertung wurde hier verzichtet.



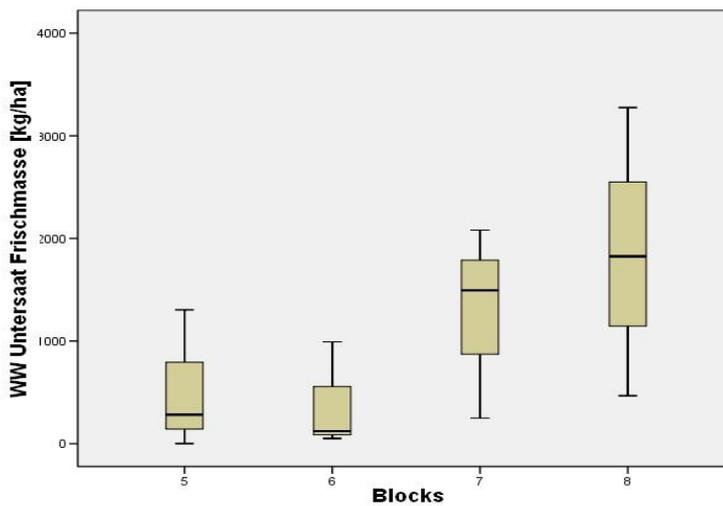
Legende:
WW Winterweizen

Abb. 58: Winterweizen-Kornerträge, Frischmasse, [kg/ha], geordnet nach Block 5, 6, 7, 8 und 0 (Weizenfeld Umgebung ohne Untersaat), Juli 2002



Legende:
WW: Winterweizen

Abb. 59: Weizen-Stängel- und Stoppel, Frischmasse, [kg/ha], geordnet nach Block 5, 6, 7, 8 und 0 (Weizenfeld Umgebung ohne Untersaat), Juli 2002



Legende:
WW: Winterweizen

Abb. 60: Untersaat-Aufwuchs Frischmasse unter Winterweizen (Juli 2002)

Die zweite Probenahme erfolgte im September 2002. Die Untersaaten hatten sich nach der Ernte der Deckfrucht sehr gut regeneriert. Die Mittelwerte wurden daher bei den Wundklee- und Steinklee-Untersaaten und der Zwischenfrucht wieder aus 4 Wiederholungen berechnet. Eine Ausnahme bildete die Luzerne-Untersaat, die sich im Block Nr. 5 nicht ausreichend erholt hatte, Die Mittelwertberechnung wurde um diese Wiederholung reduziert. Unterschiede zwischen den Blocks 5, 6, 7, und 8 bezogen auf die Aufwuchsmengen von Untersaat und Zwischenfrucht (Frisch- und Trockenmassen) wurden statistisch nicht ausgewertet.

4.7.2. Erträge der Deckfrucht Winterweizen (Probenahme 07.2002)

In den folgenden Aufstellungen (Tab. 38 und 39) wurden die Erträge der fehlerhaft besäten Parzellen nicht berücksichtigt. Die Berechnung der Mittelwerte erfolgte von den restlichen Parzellen (jeweils 2 im Wundklee-, Steinklee- und Luzerne-Bereich, 3 im Zwischenfrucht-Bereich). Die Frischmassen der Körner- und Stängel- und Stoppel-Erträge wurden nicht getrocknet. Bei den Körner-Proben wurde ein allgemeiner Feuchte-Anteil von 14 % angenommen. Für die 4 Wiederholungen ohne Untersaat (0-Parzellen) wurden Proben aus den umgebenden Weizenbeständen entnommen.

Tab. 38: Frisch- und Trockenmasse des Kornertrages Winterweizen, geordnet nach Untersaat-, Zwischenfrucht- und 0-Parzelle, (Juli 2002)

DECKFRUCHT WINTERWEIZEN über	Frischmasse Korn Mittelwerte [kg/ha]	Frischmasse Korn Standardabweichung [kg/ha]	Trockenmasse Korn Mittelwerte [kg/ha]	Trockenmasse Korn Standardabweichung [kg/ha]
Wundklee	4090,6 ^d	1773,9	3517,9 ^d	1525,5
Steinklee	3007,0 ^a	920,7	2586,0 ^a	791,8
Luzerne	2871,1 ^a	782,0	2469,1 ^a	672,5
Zwischenfrucht	3634,8 ^c	597,9	3125,9 ^c	514,2
Null-Parzellen	3218,5 ^b	0,0	2767,9 ^b	0,0

Legende: Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($P < 0,05$)

Tab. 39: Winterweizen - Stängel- und Stoppel - Frischmasse geordnet nach Untersaat-, Zwischenfrucht- und 0-Parzelle (Juli 2002)

DECKFRUCHT WINTERWEIZEN über	Frischmasse Mittelwerte Stängel + Stoppel [kg/ha]	Standardabweichung Frischmasse Stängel + Stoppel [kg/ha]
Wundklee	10290,0 ^e	4949,8
Steinklee	7985,0 ^c	1845,6
Luzerne	6985,0 ^b	1690,0
Zwischenfrucht	8816,7 ^d	1330,8
Null-Parzellen	4996,7 ^a	0,0

Legende: Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($P < 0,05$)

Die Frischmasse der Deckfrucht-Erträge (Korn- und Stängel-Frischmassen) aus den Wundklee-Parzellen waren die höchsten, gefolgt von den Erträgen auf den Zwischenfrucht-Parzellen. Die Null-Parzellen lagen bei den Kornerträgen noch vor den Steinklee- und Luzerne-Parzellen, bei den Stängel-Frischmassen lagen sie an letzter Stelle. Die Korn- Stängel- und Stoppel-Erträge unterschieden sich signifikant (Signifikanzniveau $P < 0,05$).

4.7.3. Erträge der Untersaat-Varianten (Probenahme 07.2002)

Tab. 40: Untersaat-Erträge (Mittelwerte und Standardabweichungen von je 2 Wiederholungen), [kg/ha], unter Deckfrucht Winterweizen (Juli 2002)

UNTERSAAT unter Winterweizen	Frischmasse Mittelwerte [kg/ha]	Frischmasse Standardabweichung [kg/ha]	Trockenmasse Mittelwerte [kg/ha]	Trockenmasse Standardabweichung [kg/ha]
Wundklee	1400	134,3	193,6	150,6
Steinklee	2678	844,3	822,8	295,6
Luzerne	1408,7	589,1	441,8	282,3

Legende: Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($P < 0,05$)

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Erträge der Untersaat-Varianten im Bereich Winterweizen wurden aus jeweils 2 Messungen berechnet.

Die Frisch- und Trockenmassen-Mittelwerte vom Steinklee-Aufwuchs waren die höchsten. Beim Wundklee fällt der hohe Gewichtsverlust durch die Trocknung auf (Tab. 40). Die homogenen Untergruppen bzw. signifikante Unterschiede wurden hier wegen der kleinen Anzahl von Wiederholungen nicht berechnet.

4.7.4. Erträge der Untersaat-Varianten (Probenahme 09.2002)

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Frisch- und Trockenmasse-Proben der Untersaat-Varianten und der Zwischenfrucht ergaben folgende Erträge (siehe Tab. Nr. 41 und 42) :

Tab. 41: Mittelwerte [kg/ha] und Standardabweichung der Untersaat- und Zwischenfrucht-Frischmassen (Bereiche Deckfrucht Winterweizen, September 2002)

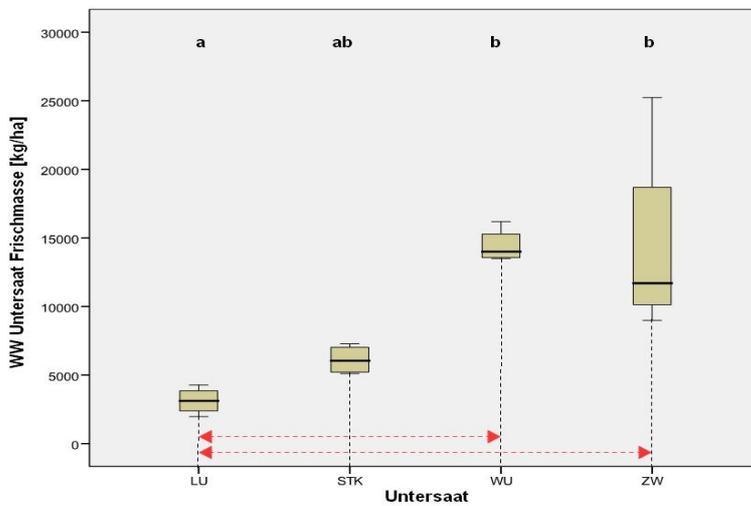
UNTERSAAT-Variante	Frischmasse Mittelwert [kg/ha]	Frischmasse Standardabweichung [kg/ha]
Wundklee	14423,3 ^b	1238,0
Steinklee	6118,8 ^{ab}	1068,3
Luzerne	3116,3 ^a	980,8
Zwischenfrucht	14406,3 ^b	7340,1

Legende Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant, ($P < 0,05$)

Tab. 42: Mittelwerte [kg/ha] und Standardabweichung der Untersaat- und Zwischenfrucht-Trockenmassen (Bereiche Deckfrucht Winterweizen, September 2002)

UNTERSAAAT-Variante	Trockenmasse Mittelwert [kg/ha]	Trockenmasse in % Frischmasse [%]	Trockenmasse Standardabweichung [kg/ha]
Wundklee	3501,6 ^b	24,28	830,8
Steinklee	2535,1 ^{ab}	41,43	314,4
Luzerne	1373,1 ^a	44,11	484,0
Zwischenfrucht	2640,6 ^{ab}	18,33	903,4

Legende: Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant, ($P < 0,05$)



Legende:

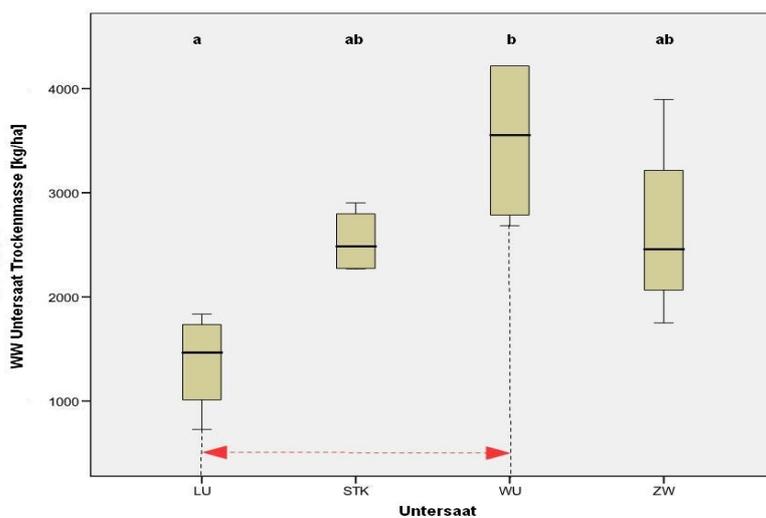
LU: Luzerne
STK: Steinklee
WU: Wundklee
ZW: Zwischenfrucht
WW: Winterweizen

signifikante Differenzen



Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant, ($P < 0,05$)

Abb. 61: Untersaat- und Zwischenfrucht-Aufwuchs, Frischmasse [kg/ha] im Bereich Deckfrucht Winterweizen, September 2002



Legende:

LU: Luzerne
STK: Steinklee
WU: Wundklee
ZW: Zwischenfrucht
WW: Winterweizen

signifikante Differenzen



Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant, ($P < 0,05$)

Abb. 62: Untersaat- und Zwischenfrucht-Aufwuchs, Trockenmasse [kg/ha] im Bereich Deckfrucht Winterweizen, September 2002

Der Untersaat- und Zwischenfrucht-Aufwuchs im Bereich der Winterweizen-Parzellen zeigte zwischen den Frischmassen der Luzerne, des Wundklee und der Zwischenfrucht signifikante Unterschiede (Abb. 61). Bei den Trockenmassen reduzierten sich die signifikanten Differenzen auf die Unterschiede zwischen Wundklee und Luzerne (Abb. 62)

4.7.5. Beikraut (Probenahme 07.2002)

Die Mittelwerte der Aufwuchsmengen des Beikrautes wurden von jeweils 2 Wiederholungen der Untersaaten und drei Wiederholungen der noch nicht angesäten Zwischenfrucht-Parzellen berechnet.

Tab. 43: Beikraut Frischmasse [kg/ha] unter Winterweizen

BEIKRAUT – FRISCHMASSE unter Winterweizen über 4 Wiederholungen	Frischmasse Mittelwert [kg/ha]	Frischmasse Standardabweichung [kg/ha]
Wundklee	2,5 a	3,5
Steinklee	3,0 a	2,8
Luzerne	0,35 a	0,5
Zwischenfrucht	8,7 a	9,7

Legende: Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($P < 0,05$)

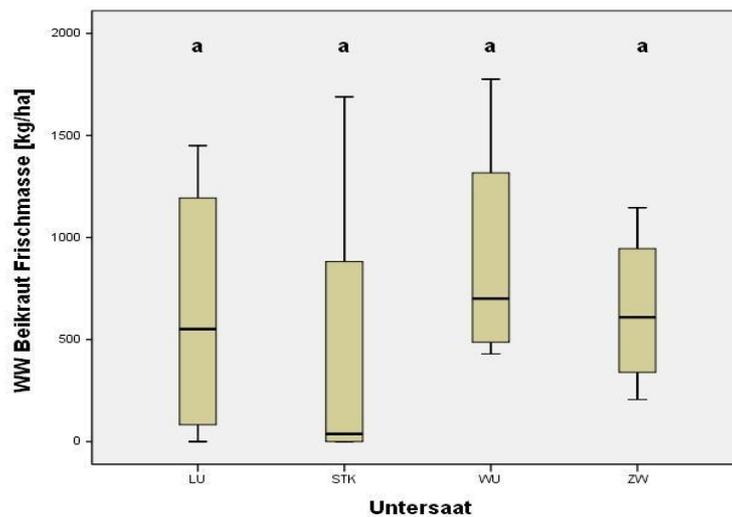
Der Beikraut-Aufwuchs in den Winterweizen-Parzellen war auffallend niedrig. Sogar die Zwischenfrucht-Parzellen, die zu diesem Zeitpunkt einer 0-Parzelle entsprachen, zeigten wenig Beikraut-Bewuchs (Tab 43).

4.7.6. Beikraut (Probenahme 09.2002)

Tab. 44: Beikraut-Frischmasse pro Untersaat-Variante [kg/ha]
im Bereich der Deckfrucht Winterweizen (September 2002)

BEIKRAUT in Untersaat- Varianten	Frischmasse Mittelwert [kg/ha]	Standard- abweichung [kg/ha]
Wundklee	901,9 a	610,1
Steinklee	441,2 a	833,0
Luzerne	638,3 a	678,3
Zwischenfrucht	642,6 a	401,2

Legende: Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant, ($P < 0,05$)



Legende:

LU: Luzerne
 STK: Steinklee
 WU: Wundklee
 ZW: Zwischenfrucht
 WW: Winterweizen

Mittelwerte mit den gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($P < 0,05$)

Abb. 63 : Beikraut-Frischmasse [kg/ha] im Bereich Deckfrucht Winterweizen (Sept. 2002)

Die Beikraut-Mittelwert-Mehrfach-Vergleiche haben keine signifikanten Differenzen ergeben. Der Mittelwert des Beikraut-Besatzes in den Steinklee-Parzellen ist am geringsten (Tab. 44). Aus dem Boxplot-Bild (Abb. 63) ist aber die große Streuung dieser Werte zu erkennen. Der Einfluss der dichten Deckfruchtbereiche auf den Beikraut-Aufwuchs war auch noch im September deutlich merkbar.

5. Diskussion

Das pannonische Klima Ostösterreichs stellt an die Eigenschaften von Gründüngungspflanzen besondere Ansprüche. Diese Arbeit wurde durchgeführt, um die Eignung bestimmter Leguminosenarten für die Untersaat unter Getreide-Deckfrucht zu prüfen. Eine Mischung aus Leguminosen- und Nicht-Leguminosen in Form einer Blanksaat wurde als mögliche Alternative zur Untersaat geprüft. Zu Vergleichszwecken wurden Parzellen mit Grasuntersaaten und Parzellen ohne Untersaaten (Null-Parzellen) angelegt.

Die Ergebnisse der Versuchsreihen werden in der Folge mit Bezug auf die im Kapitel 1.3 aufgestellten Hypothesen und entsprechender Literatur diskutiert.

5.1. Wahl geeigneter Leguminosenarten

Um Erfahrungen mit Untersaaten aus der praktischen Anwendung kennen zu lernen, wurde zu Beginn der Arbeiten eine Umfrage unter ökologisch wirtschaftenden Landwirten, deren Betriebe im pannonischen Klima liegen, durchgeführt. Alle befragten Landwirte berichteten, dass sie vor allem in den regelmäßig auftretenden Trockenperioden des Frühjahrs und des Spätsommers eine Gefahr für das Gelingen von Untersaaten sehen. Zusätzlich wurde allgemeiner Wassermangel, Lichtmangel oder Konkurrenz zwischen Deckfrucht und Untersaat (ohne genauere Angaben) als häufiges Problem angeführt. Es gab allerdings auch Aussagen, die von guten Erfolgen bei Aussaat, Keimung und Aufwuchs der Untersaaten berichteten. Die Aussagen der Praktiker konnte nach Auswertung der Ergebnisse dieser Arbeit teilweise bestätigt werden. Der negative Einfluss von Lichtmangel und Wasserknappheit auf Untersaatkulturen und intraspezifische Konkurrenz zwischen Deckfrucht und Untersaat wird auch von Anbauversuchen aus anderen Klimagebieten beschrieben (Preuschen und Bernath, 1984: 58; Wistinghausen, 1984: 39f; Renius, Lütke Entrup, 1985: 70f; Merkelbach(1990); Schultheiss und Opitz von Boberfeld (1994); Fuchs et al. (2005)).

Als Untersaat wurde bei den befragten heimischen Landwirten die Luzerne eindeutig bevorzugt. D. Kovacs von "Biokontroll Hungaria Kht." (2002) teilte auf eine Anfrage nach häufig eingesetzten Getreide-Untersaaten im pannonischen Klimagebiet Ungarns mit, dass bevorzugt Luzerne unter Gerste, Weizen und Dinkel, Steinklee unter Roggen, Platterbse mit Hafer oder Gerste und verschiedene Wickenarten unter Sommer- als auch bei Wintergetreide angebaut werden. Für einen mehrjährigern Untersaatversuch von Dachler und Köchl (1994) am Standort Fuchsenbigl (NÖ, pannonisches Klimagebiet) fiel die Wahl unter anderem auf Luzerne, Gelbklee, Weißklee und Steinklee. Wundklee wurde ebenfalls als geeignet angesehen, aber aus Kostengründen nicht in den Versuch aufgenommen.

Nach eingehenden Literatur-Recherchen (Kap.3.4.4., Hegi, (1975); Geisler,(1988); Preuschen und Bernath,1984:73 ff; Rothmaler (1991); Maas (1993); Zederbauer (2002)), wurde für den vorliegenden Untersaaten-Versuch Wundklee (*Anthyllis vulneraria*), Steinklee (*Melilotus alba*) mit etwas Weißklee-Beimengung (*Trifolium repens*) und Luzerne (*Medicago sativa*) als besonders geeignet für die klimatischen Bedingungen in Ostösterreich ausgewählt. Die Blanksaat-Mischung wurde ebenfalls nach diesem Gesichtspunkt zusammengesetzt. Als Deckfrucht dienten Winterroggen- und Winterweize-Parzellen am Versuchsgelände der Universität für Bodenkultur in Raasdorf (NÖ.).

5.2. Nmin im Boden

Der Bereich der Versuchs-Parzellen war ungedüngt. Messungen des Nmin-Gehaltes des Bodens im Bereich der Deckfrucht Winterroggen ergaben im März sehr niedere Werte (80,3 kg/ha – 31,5 kg/ha) die zusätzlich größere Schwankungen aufwiesen. Es lagen jedoch keine signifikanten Unterschiede vor. Diese Werte verminderten sich bis zur zweiten Bodenuntersuchung im September deutlich. In allen Leguminosen-Varianten außer auf den Parzellen der Luzerne-Untersaat sanken die Nmin-Werte zwischen 58% (Zwischenfrucht) und 42 % (Wundklee). Die Parzellen der Luzerne zeigten eine Zunahme auf 42 % (Tab. 11). Besonders in der untersten

Bodenschicht (60 – 90 cm) war der N_{min} angestiegen. Die darüber liegenden Schichten zeigten kaum veränderte Werte. Eine Erklärung könnte sein, dass es sich hier um fixierten Luftstickstoff handelte der über Wurzelausscheidungen im Boden deponiert wurde. Høgh-Jensen und Schjoerring (2001) schätzen den Anteil an biologisch gebundenen Stickstoff, der über die Wurzelmasse an den Boden abgegeben wird, zwischen 50 % und 60 %. Die Wurzelmasse der Luzerne in 0 – 60 cm Tiefe war die zweitgrößte nach der Wurzelmasse des Steinklees. Bei der biologischen Stickstoff-Fixierung (Berechnung: Differenzmethode nach Hauser (1987)) lagen die Werte der Luzerne an vorletzter Stelle.

5.3. Bodenfeuchte - Messungen

Bodenfeuchte-Messungen wurden nur im Bereich der Deckfrucht Winterroggen durchgeführt. Die Bereiche der Leguminosen-Untersaaten waren trockener als die Bereiche der Zwischenfrucht-Parzellen oder Null-Parzellen. Auch bei einem Versuchsanbau von Futterleguminosen in Raasdorf (NÖ.) wurde ein deutlich höherer Wasserverbrauch der Leguminosen im Vergleich zum Winterroggen festgestellt (Farthofer, 2004). Ein erhöhter Wasserbedarf bei Luzerne und Steinklee wurden auch in Arbeiten von Maas (1993) und Pietsch (2004) erwähnt. Der hohe Wasserverbrauch von Leguminosen im allgemeinen wurde auch von Freyer (2003: 33) und Dachler und Köchl, (1994) angegeben. Die Bedenken der Landwirte der Umfrage haben in dieser Hinsicht ihre Berechtigung.

Die Darstellung des volumetrischen Wassergehaltes (Abb. 15) relativ zur Gras- oder Null-Parzelle zeigten fast durchgehend niedrigere Werte der Bodenfeuchte unter den Leguminosen-Parzellen. Eine Ausnahme bildeten die Zwischenfruchtparzellen, die vor der Einsaat im Juli immer geringfügig niedrigere Feuchtwerte als die Null-Parzellen aufwiesen und nach der Keimung und Entwicklung der Leguminosen-Mischung die Null-Parzellen im Bereich des Messtermins 5 (20.8.02) an Bodenfeuchte übertrafen. Die Grasparzellen wurden an Bodenfeuchte von den Zwischenfrucht-Parzellen immer übertroffen (Abb. 16). Diese Werte waren insofern überraschend, als die Zwischenfrucht-Grünmassen beträchtlich waren (9796 kg/ha Frischmasse) und einen hohen Feuchtegehalt (80 %) aufwiesen. Der Aufwuchs erfolgte bis zum Messtermin im September innerhalb von 2 Monaten. Die Entwicklung der Wurzelmasse der Zwischenfrucht war in der Bodentiefe von 0 – 60 cm am geringsten von allen Versuchsvarianten, sogar geringer als die der Null-Parzelle, die allerdings im September einen sehr hohen Beikrautbewuchs aufwies.

5.4. Bonituren

Die Aussaat der Untersaaten erfolgte im März, die Entwicklung wurde durch monatliche Bonituren überprüft. Keimung und Wachstum der Untersaaten erfolgte unter der Deckfrucht Winterroggen weitgehend ungestört. Einzig die Weißklee-Beimengung zum Steinklee konnte sich nicht behaupten und war zum Zeitpunkt der Roggenernte nicht mehr zu finden. Der hoch wachsende und konkurrenzstarke Steinklee und die zusätzliche Beschattung durch die Deckfrucht sowie kurze Trockenperioden dürften seine Weiterentwicklung verhindert haben. Eine gewisse Empfindlichkeit des Weißklees gegenüber Lichtmangel und Trockenheit wurde auch von Schultheiss und Opitz von Boberfeld (1994) in ihrer Arbeit über den Einfluss verschiedener Untersaaten auf die Deckfrucht festgestellt. Fuchs et al. (2005) berichteten in Ihrer Arbeit mit Untersaaten von der Empfindlichkeit des Weißklees gegenüber Trockenheit.

Die verschiedenen Leguminosen entwickelten sich artgemäß unterschiedlich. Die Wuchshöhe betreffend lag der Steinklee bis zum Boniturtermin im August fast ausnahmslos an der Spitze. Danach wurde er von der rasant wachsenden Zwischenfrucht-Mischung überholt. Der Wundklee blieb am niedrigsten von allen Untersaaten. Sein Frisch- und Trockenmasse-Ertrag war im September aber am höchsten. Die Bodenbedeckung war allgemein gut. Lücken entstanden erst durch die Besiedlung von Mäusen, die die Zone um ihre Mäuselöcher vom Bewuchs frei hielten.

Die Deckfrucht Winterweizen war teilweise zu dicht gesät worden und demonstrierte noch deutlicher als der Weißklee, dass Lichtmangel zur Unterdrückung der Untersaaten führen kann. Der Aufwuchs der Untersaat wurde durch diesen Fehler in der Deckfrucht-Einsaat außerordentlich stark beeinträchtigt und führte teilweise zu einem Totalausfall. Erst nach der Deckfruchternte regenerierten sich die Restbestände mit Ausnahme einer Luzerne-Parzelle so weit, dass bis September eine gute Bodenbedeckung erreicht wurde. Die Aussage einiger Landwirte aus der Umfrage zu diesem Thema konnte damit bestätigt werden. Der negative Einfluss hoher Deckfrucht-Dichte auf das Wachstum der Untersaaten wurde auch wiederholt in der Literatur angeführt (Fuchs et al. (2005), Schultheis und Opitz v. Boberfeld (1994), Merkelbach (1990: 10), Wistinghausen (1984).

Bei beiden Deckfrüchten war der Beikrautbesatz bei den Varianten Luzerne und Steinklee deutlich geringer als bei der Wundklee-Variante, der Gras-Untersaat und der etwas lückenhaften Zwischenfrucht (Boniturtermin 20.8.2002). Die besondere Fähigkeit von Luzerne und Steinklee zur Unterdrückung von Beikraut wurde auch von Maas (1993) beschrieben.

Nach der Ernte der Deckfrucht wurden die Untersaat-Parzellen sehr stark von Mäusen besiedelt und auch durch Wildverbiss deutlich dezimiert. Besonders betroffen war, wie schon in Kapitel 5.2. erwähnt, die Luzerne. Aber auch Steinklee- und Wundklee-Parzellen wurden, allerdings in geringerem Maße, von Mäusen heimgesucht. Das Aufstellen von Sitzstangen für heimische Greifvögel sollte in Erwägung gezogen werden.

Die Vitalität der Untersaat war im Bereich des Winterroggens sehr gut. Kurze Trockenperioden wurden gut überstanden. Die schütterere Deckfrucht förderte die problemlose Entwicklung. Nach der Ernte der Deckfrüchte kam es zu einem sichtbaren Wachstumsschub aller Untersaaten. Die frisch eingesäte Zwischenfrucht-Mischung entwickelte sich im Bereich Winterroggen und Winterweizen sehr rasch. Die Niederschläge waren zu diesem Zeitpunkt überdurchschnittlich hoch. Ein Teil der Zwischenfrucht stand im September bereits in voller Blüte. Der Buchweizen verblühte bereits. Da die Ausbildung von Samen nicht erwünscht ist, sollte die Zusammensetzung der Mischung überdacht werden. Im September zeigten sich beim Gras, der Luzerne und dem Steinklee bereits leichte Vergilbungen des Laubes. Der Wundklee wirkte frisch, üppig und grün. Teile der Untersaaten im Bereich der Winterweizen-Parzellen erholten sich nach der Deckfruchternte langsam und zeigten mit Ausnahme des Wundklees ebenfalls im September Vergilbungserscheinungen.

Eine statistische Auswertung der gewonnenen Daten wurde nur für den Bonitur-Termin vom 20.8.2002 gemacht, der noch vor der Entfernung des Beikrautes einen vollständigen Überblick über den Aufwuchs bot.

5.5. Aufwuchs im Bereich Winterroggen (Probenahme Juli 2002)

Die Deckfrucht Winterroggen hatte sich auf der gesamten Versuchsfläche schlecht entwickelt und zeigte einen sehr schüttereren Bestand. Da auch die Null-Parzellen und die noch nicht eingesäten Zwischenfrucht-Parzellen keinen gravierend besseren Aufwuchs des Roggens aufweisen konnten, war eine flächendeckende Konkurrenzwirkung durch Untersaaten auszuschließen. Auffällender Schädlings- oder Krankheitsbefall der Deckfrucht war nicht zu erkennen. Eventuell könnte der Mangel an Niederschlägen, der bereits kurz nach der Einsaat im Herbst 2001 zu spüren war und bis Anfang März 2002 anhielt, als Ursache für die schlechte Entwicklung infrage kommen. Die Kornerträge des ungedüngten Winterroggens (Kapitel 4.5.2) lagen weit unter den durchschnittlichen Erträgen des Marchfeldes, die über 3000 kg/ha erreichen. Ein gleichzeitig durchgeführter Versuchs-anbau (Farthofer, 2004, Winterroggen nach Winterroggen) im benachbarten Gelände brachte 2002 einen schwachen Kornertrag von 2.400 kg/ha der immerhin doppelt so hoch war wie der Mittelwert der Versuchs-Parzelle ohne Untersaat (Null-Parzelle), der bei 1177 kg/ha lag.

Die gesamten Erträge der Blocks (Wiederholungen) 1,2,3,4 mit Winterroggen-Deckfrucht (Korn-

Trockenmasse, Stängel- und Stoppel-Masse und der Untersaat zum Zeitpunkt Juli 2002 ergaben folgendes Bild:

Korn (Trockenmasse): $4 \geq 1 \geq 3 \geq 2$
 Stängel- und Stoppel (Trockenmasse): $1 \geq 4 \geq 2 \geq 3$
 Untersaat (Trockenmasse): $3 \geq 2 \geq 4 \geq 1$

Der Vergleich des Aufwuchses innerhalb der Blocks zeigte zwischen „Stängel- und Stoppelmassen“ und den „Untersaaten“ einen auffälligen Zusammenhang: hohe Stängel- und Stoppel-Massen (Block 1 an erster Stelle) standen sehr niedrigen Untersaat-Massen gegenüber (Block 1 an letzter Stelle). Hohe Untersaat-Erträge (Block 3) stehen schwachen Stängel- und Stoppelmassen in Block 3 gegenüber usw. (Kapitel 4.5.1) Die Entwicklung des Aufwuchses war in diesem Fall umgekehrt proportional und lässt deutlich gegenseitige Einflussnahme erkennen. Die Korn-Erträge wichen von diesem Schema etwas ab. Das heißt, die Korn-Erträge stiegen nicht linear zur steigenden Stängel-Dichte.

Die Konkurrenzwirkung zwischen Untersaat und Deckfrucht kann die Erträge der Deckfrucht und auch der Untersaat negativ beeinflussen. Bei geringer Deckfruchtdichte kann sich die Untersaat bedeutend besser entwickeln und beeinflusst vor allem den Stroh-Ertrag, weniger den Kornertrag (Merkelbach (1990)). Diese Aussage stimmt mit den Ergebnissen in der Tabelle Nr. 45 nur teilweise überein und unterscheidet sich vor allem beim Einfluss auf Stängel- und Stoppelmasse.

Die Kornerträge, Untersaaterträge und Beikrautmassen in den einzelnen Untersaat-Parzellen unterschieden sich nicht signifikant.

Tab. 45: Frischmasse von Winterroggen und Beikraut relativ zur Nullparzelle [%] sowie Frischmasse der Untersaat [kg/ha]

Untersaat-Variante	Körner FM [%]	Stängel / Stoppel FM [%]	Untersaat FM [kg/ha]	Beikraut FM [%]
Wundklee	107	108	2658	53
Steinklee	80	103	4055	86
Luzerne	104	96	1840	76
Gras	83	81	743	70
Null-Parzelle	100	100	-	100

Legende: FM: Frischmasse, Null-Parzelle: Körner: 1368,4 kg/ha, Stängel und Stoppel; 5935,5 kg/ha, Beikraut; 1207 kg/ha

Die Gegenüberstellung von Untersaat- und Deckfrucht-Erträgen der Steinklee-Parzellen lässt deutlich eine Konkurrenzsituation erkennen, in der der Steinklee dominiert. In einem Untersaatversuch mit Steinklee unter der Deckfrucht Sommergerste in Fuchsenbigl, NÖ., (pannonisches Klima) verminderte sich der Ertrag der Deckfrucht auf 95 % im Vergleich zur Deckfrucht ohne Untersaat (Dachler und Köchl, 1994). Neben den konkurrierenden Einfluss des Steinklees auf die Deckfrucht muss man auch den beträchtlichen Beikrautbesatz der Steinklee-Parzellen beachten, der Einfluss auf die Deckfrucht und Untersaat ausüben kann. Die große Fähigkeit Beikraut zu unterdrücken, die man dem Steinklee nachsagt (Maas; 1993) war hier nicht zu erkennen.

Beim Wundklee zeigte sich ein völlig anderes Bild: hoher Korn-Ertrag stand einer eher mittelmäßigen Wundklee-Frischmasse gegenüber. Das langsame Jugendwachstum des Wundklees hatte offensichtlich einen eher positiven Einfluss auf die Deckfrucht ausgeübt und dabei genug Konkurrenzskraft gegenüber dem Beikraut aufwuchs gezeigt. Im Gegensatz dazu wird in der Literatur (Preuschen und Bernath, 1983: 100) dem Wundklee im Jugendstadium nur eine mäßige Wirkung gegen den Aufwuchs von Beikraut zugeschrieben. Berichte über Deckfrucht-Erträge mit Wundklee-Untersaat sind nicht bekannt. Bichara (1983) berichtet über hohe Korn- und Stroherträge der Folgefrucht Wintergerste (nach Wundklee-Blanksaat), die Gersten-Erträge nach

Luzerne-Vorfrucht um 940 kg/ha (Korn) und 1820 kg/ha (Stroh) übertrafen. Das ist zwar keine Bestätigung eines direkten positiven Einflusses auf die Deckfrucht, weist aber darauf hin, dass die Stickstoff-Mineralisation des eingearbeiteten Wundklee relativ rasch erfolgt und die erste Folgefrucht bereits davon profitieren kann.

Die Luzerne-Parzellen wiesen einen hohen Kornertrag auf. Stängel- und Stoppel-Erträge waren dabei deutlich niedriger als auf Wundkleeparzellen. Die Luzerne-Grünmasse war die Niedrigste unter den Leguminosen und stellte offensichtlich keine Konkurrenz gegenüber der Deckfrucht dar. Der Beikrautbesatz war mittelmäßig. Im Versuch von Fuchsenbigl erreichten die Kornerträge der Deckfrucht Sommergerste bei Luzerne-Untersaaten 103 % der Kornerträge von Nullparzellen. Die Vorliebe der Landwirte, die Luzerne für Untersaaten zu nutzen, ist nicht unbegründet.

Die Konkurrenzwirkungen zwischen Beikraut, Untersaat und Deckfrucht wurden vielfach untersucht. Der negative Einfluss des Beikrautbesatzes auf die Deckfrucht wird bei der Unterdrückung des Beikrautes durch die Untersaat vermindert. Die Konkurrenzwirkung der Untersaat gegenüber der Deckfrucht hebt diesen Effekt aber zumindest teilweise wieder auf. Dieser Effekt variiert je nach Standort und Art der Untersaat. Die Pflanzengemeinschaft aus Getreide-Deckfrucht, Untersaat und Beikraut reguliert sich so in weiten Bereichen selbst. Erst bei Schossbeginn übernimmt die Deckfrucht durch steigende Beschattung des Beikrautes und der Untersaat eine unterdrückende Rolle (Merkelbach, 1990). Die Verminderung des Lichteinfalles war bei dem schütterten Bestand der Deckfrucht Winterroggen nicht besonders groß und wurde von allen Leguminosen-Untersaaten (Ausnahme: Weißklee) gut bewältigt.

In der Literatur findet man Ergebnisse von Untersaat-Versuchen, die die Vereinbarkeit von hohen Deckfrucht-Erträgen und Untersaaten nicht ausschließen, sofern man die richtige Kombination von Deckfrucht und Untersaat trifft und die Saatedichte der Deckfrucht nicht zu niedrig ist. Bei zu geringen Deckfruchtbeständen kann es zu starker Untersaat-Entwicklung kommen, die damit in Konkurrenz zur Deckfrucht tritt und so die Korn-Erträge vermindert (Schultheiss und; Oppitz v. Boberfeld; 1994). Diese Aussage widerspricht der Aussage von Merkelbach (1990) - siehe weiter oben - und entspricht den Winterroggen-Ergebnissen auf den Steinklee-Parzellen. Andererseits ergaben Versuche der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft mit Leguminosen-Untersaaten unter Winterweizen keine statistisch abzusichernden Auswirkungen der Untersaaten auf die Deckfrucht (Fuchs et al., 2005). Variationen der Deckfruchtdichte gab es bei diesen Versuchen nicht. Auch wurden diese Untersaat-Beispiele unter klimatischen Bedingungen durchgeführt, die nicht dem pannonischen Klima entsprachen. Untersaat-Versuche im pannonischen Klimagebiet Ostösterreichs mit Leguminosen-Arten ergaben sowohl leicht negative als auch leicht positive Auswirkungen auf eine Sommergersten-Deckfrucht (Dachler und Köchl (1994), siehe auch Kap. 2.2.5.). Wistinghausen (1984) findet, dass in der Vergangenheit die Deckfrucht allgemein weniger dicht ausgesät wurde und dadurch bzw. trotzdem Untersaaten kaum Probleme verursachten.

5.5.1. Stickstoff-Erträge Winterroggen

Der Stickstoffertrag und der Stickstoffgehalt des gesamten Winterroggen-Aufwuchses unterschied sich über den verschiedenen Untersaat-Varianten nicht signifikant (Kapitel 4.6.1., Tab 31).

Tab. 46: Stickstoffertrag und Stickstoffgehalt der Winterroggen-Trockenmasse relativ zur Nullparzelle [%]

Untersaat-Variante	Körner		Stängel und Stoppel		Stickstoff Ertrag gesamt [%]
	N-Ertrag [%]	N-Gehalt [%]	N-Ertrag [%]	N-Gehalt [%]	
Wundklee	106	1,72	118	0,71	114
Steinklee	74	1,59	109	0,82	95
Luzerne	101	1,7	120	0,85	112
Gras	80	1,7	89	0,72	85
Null-Parzelle	100	1,75	100	0,66	100

Legende: N = Stickstoff

Null-Parzelle: Stickstoff-Ertrag Körner: 20,6 kg/ha, Stängel-Stoppel: 31,4 kg/ha, gesamt: 52,1 kg/ha

Laut Mitteilung der (Raiffeisen.com GmbH & Co. KG, (2012)) ist der Stickstoff-Gehalt im Winterroggen-Korn: hoch bei 2,32,% der Trockenmasse (TM), mittel bei 1,68 % der TM und gering bei 1,28 % der TM. Der Stickstoff-Gehalt aller Versuchsvarianten nach Tab. 46 liegt daher im Mittelfeld.

Die Übersicht der Tab. 46 bestätigt den Eindruck, dass Wundklee auf die Deckfrucht Winterroggen positiv wirkt. Die niedrige Kornausbeute mit dem etwas geringeren Stickstoffgehalt der Deckfrucht auf den Steinklee-Parzellen lassen trotz des hohen Stoppel- und Stängelanteiles einen ungünstigen Einfluss des Steinklees auf die Deckfrucht vermuten. Der Stickstoffertrag von Korn im Bereich der Luzerne liegt leicht über dem der Null-Parzelle, hoch ist der Stickstoffgehalt und -ertrag der Stängel und Stoppel.

5.6. Aufwuchs- und Stickstoff-Erträge, Bereich Winterroggen, (Probenahme September 2002)

Nach der Deckfrucht-Ernte und ausreichenden Niederschlägen entwickelten sich die Untersaaten in den Winterroggen-Parzellen ausgezeichnet. Die Blanksaat-Mischung keimte problemlos und bildete außerordentlich rasch bedeutende Grünmassen.

Bei der zweiten Probenahme im September wurde die Aufwuchs- und Wurzelmasse der Leguminosen, der Zwischenfrucht-Mischung und der Gras-Mischung gemessen. Danach wurden die Stickstoff-Erträge berechnet, der bodenbürtige und der biologisch fixierte Stickstoff festgestellt. Der mittlere Stickstoff-Gehalt der trockenen Grünmassen der Untersaat-Varianten und der Zwischenfrucht unterschieden sich signifikant (Kap. 4.6.2.).

Bei den Untersaat-Erträgen fielen sofort die großen Mengen an Wundklee - Frisch- und Trockenmasse auf, die alle anderen Aufwuchs-Erträge weit hinter sich ließen. In der Literatur wird von geringer Grünmasse und hoher Wurzelmasse berichtet (siehe Kap. 3.4.4.3. Hegi. 1975; Preuschen und Bernath, 1983). Das kann hier nicht bestätigt werden. Im September war der Wundklee-Aufwuchs mit 22714 kg/ha Frischmasse und 5125 kg/ha Trockenmasse bei weitem der Höchste im Vergleich mit Luzerne- und Steinklee-Aufwuchs. Die Wurzel-Trockenmasse, wiederum im Vergleich mit Luzerne und Steinklee, lag erst an dritter Stelle.

Über Wundklee-Erträge, die als Untersaaten kultiviert worden waren, liegen keine Berichte vor. Bichara (1983) führte einen Versuchsanbau mit Wundklee als Blanksaat in Hohenheim BRD durch. Der Versuch verglich Aufwuchs- und Stickstoff-Erträge von Wundklee und Luzerne. Die

Ergebnisse dieser Versuche sind nur bedingt mit den Ergebnissen aus Raasdorf zu vergleichen, da die klimatischen- und Wachstums-Bedingungen sehr unterschiedlich waren. Die Versuchsergebnisse liefern dennoch einen Eindruck über die Einsatzmöglichkeiten und die Anpassungsfähigkeit von Wundklee.

Die Trockenmasse-Erträge der einjährigen Blanksaat in Hohenheim ergaben im Versuchsjahr 3887 kg/ha und waren deutlich niedriger als die Untersaat-Erträge in Raasdorf. Die Stickstoff-Erträge in Hohenheim beliefen sich im zweiten Jahr nach einer Überwinterung und zu Beginn der Blüte auf 138 kg/ha (2,74 % Stickstoffgehalt) im Spross, 61 kg/ha (1,61 % Stickstoffgehalt) in Wurzeln und 80 kg/ha (1,39 % Stickstoffgehalt) in den Stoppeln. Das ergibt eine gesamte Stickstoff-Akkumulation von 279 kg/ha/Jahr.

Der Stickstoff-Ertrag in Raasdorf ergab 133 kg/ha (2,46 % Stickstoffgehalt) im Aufwuchs und von der Wurzelmassen 36 kg/ha (1,50 % und 1,89 % Stickstoffgehalt je nach Bodentiefe). Die gesamte Akkumulation belief sich somit auf 169 kg/ha, das sind 61% der Stickstoff-Akkumulation aus Hohenheim, und das bei einer Wachstumszeit von ca. einem halben Jahr.

Freyer, (2003: 129; nach Kahnt (1983)) gibt Stickstoff-Gewinne von 60 – 100 kg/ha ohne Angabe der Aufwuchsdauer an. An anderer Stelle werden bei einer Aufwuchsdauer von 1 Jahr und Schnitterminen im September und Oktober Stickstoff-Erträge von 209 kg angegeben (Freyer, 2003: 110; nach Kahnt 1986).

Der Trockenmasse-Ertrag der Luzernen Parzellen war nicht sehr hoch (1778 kg/ha). Der Stickstoff-Ertrag des Luzerne-Aufwuchses ergab bei der Probenahme im September 52 kg/ha mit einem Stickstoffgehalt von 2,71 %. Die Wurzelmasse brachte einen Stickstoff-Ertrag von 59 kg/ha mit 1,92 % und 2,11 % Stickstoffgehalt je nach Bodentiefe. Dies ergibt einen Gesamt-Stickstoff-Ertrag von 111 kg/ha. Dieser Wert ist relativ niedrig. Die Ursache lag an der hohen Mäusepopulation, die das Luzernen-Laub abfraß, und dem Wildverbiss (siehe auch Kap. 4.4.). Zu vermerken ist aber, dass der N_{min} -Gehalt der Luzerne-Parzellen bei den Bodenproben im September nicht gesunken war, wie man es erwartet hätte, sondern um ca. 12 kg/ha angestiegen war. Es könnte sich um Ausscheidungen von Stickstoff aus den Luzernenwurzeln gehandelt haben (siehe Kap, 5.2.).

In der Literatur werden Luzerne-Erträge (Trockenmassen) ohne Deckfrucht, geordnet je nach Bodenbeschaffenheit, zwischen 3000 kg/ha für mittel- bis tiefgründige Böden, 830 – 1250 kg/ha für flachgründige und 820 kg/ha für leichte Böden angegeben. Die Stickstoff-Fixierleistung von Luzernen-Aufwüchsen beträgt in unterschiedlichen Quellen 160 – 290 kg/ha. Stickstoff-Gehalte der Luzerne im pannonischen Klimaraum erreichen zwischen 2,9 % und 3,9 %. (Pietsch, 2004). Kahnt (1983: 84) gibt ein Stickstoff-Bindungsvermögen der Luzerne von 300 – 550 kg/ha und Jahr an. Stickstoff-Gehalte von 3,03 % und 2,57 % und Stickstoff-Erträge von 138 kg/ha und 101 kg/ha gibt Bichara (1983) an. Diese Werte entsprechen annähernd den Werten aus Raasdorf, obwohl sich die klimatischen Verhältnisse bei Bichara (Hohenheim und Reutlinger Alb, BRD.) von Raasdorf völlig unterschieden und keine Deckfrucht vorhanden war.

Die Aufwuchs-Erträge der Steinklee-Parzellen lagen mit der Frischmasse von 6350 kg/ha (Trockenmasse 2487 kg/ha) im oberen Mittelfeld der Ergebnisse von Raasdorf. Maas (1993) berichtet von Trockenmassen-Erträgen um 6000 kg/ha, andere Quellen geben Erträge von 5000 – 10000 kg/ha an (Pietsch, 2004). Diese Angaben betreffen Blanksaaten. Der Stickstoff-Ertrag des Steinklee-Aufwuchses in Raasdorf betrug 73 kg/ha (2,95 % Stickstoffgehalt) die Wurzelmassen enthielten 113 kg/ha. Insgesamt belief sich der Stickstoffertrag auf 186 kg/ha. In Form von Blanksaaten erreichten Steinklee-Trockenmassen im pannonischen Klimagebiet Stickstoff-Gehalte von 2,7 % und 3,8 %, In der Literatur werden Die Stickstoff-Fixierleistung von Steinklee mit 140 kg/ha angegeben (Pietsch, 2004). Im Vergleich zu diesen Angaben war das Ergebnis des Steinklees als Untersaat mit einer Vegetationszeit von 6 Monaten sehr gut.

Die Zwischenfrucht-Parzellen überraschten mit ihren enormen Wachstumstempo und erreichten innerhalb von 2 Monaten einen Frischmasse-Ertrag von 9796 kg/ha (Trockenmasse: 1911 kg/ha). Mit einem Gesamtstickstoff-Ertrag von 64 kg/ha lagen sie aber an vorletzter Stelle vor den Erträgen der Gras-Parzellen. Der Anteil an Nicht-Leguminosen und die sehr geringe Wurzelmasse drückten den Stickstoff-Ertrag merklich.

Die Grasparzellen erreichten nur einen Gesamtstickstoff-Ertrag von 45 kg/ha. Die Beikraut-Massen in den Versuchs-Parzellen unterschieden sich, wenn man von der Null-Parzelle absieht, nicht signifikant. Der Beikraut-Besatz der Null-Parzelle, der sich von allen anderen Varianten signifikant unterschied, wies einen beträchtlichen Aufwuchs von 2875 kg/ha Frischmasse auf.

5.7. Stickstoff-Flächenbilanz

Landwirte, die biologisch wirtschaften und keine Viehhaltung betreiben, müssen versuchen, durch eine positive Stickstoffbilanz den Stickstoff im Boden zu erhöhen.

Die Fixierleistung der Leguminosen ist - abgesehen von der genetischen Ausstattung und der Konkurrenz um Wasser, Licht und Nährstoffen - auch abhängig vom verfügbaren N_{min} im Boden. Ist das Stickstoff-Angebot zu hoch, wird die Zahl der Rhizobien verringert und die Fixierleistung reduziert (Friedel et. al, 2003). Da die N_{min} -Werte bereits im März relativ gering waren und bis zum September noch weiter sanken, dürfte in dieser Hinsicht keine Verminderung der Fixierleistung erfolgt sein. Trockenperioden, die Pflanzen zur Einstellung des Wachstums bringen, verursachen auch eine Reduktion der Luftstickstoff-Fixierung und zusätzlich eine verminderte Aufnahme von bodenbürtigem Stickstoff. Im Versuchszeitraum kam es wohl zu kurzfristigen Trockenperioden, die die Pflanzen auch sichtlich unter Stress setzten, im allgemeinen lagen aber die Niederschläge sogar leicht über dem langjährigen Durchschnitt, der allerdings nicht sehr hoch ist.

Die Aufnahme von bodenbürtigem Stickstoff durch Untersaat-Leguminosen und die Zwischenfrucht zeigte folgende Reihung: Wundklee \geq Zwischenfrucht \geq Steinklee \geq Luzerne. Es gab keine signifikanten Differenzen.

Der durch Rhizobien fixierte Luft-Stickstoff sollte möglichst 70 % des Stickstoffbedarfs der Leguminosen decken (Klingbacher (2001) nach Boller und Nösberger (1987)). Die Schätzung des biologisch fixierten Stickstoffs zeigte signifikante Unterschiede. Die Stickstoff-Fixierleistung der Zwischenfrucht war deutlich geringer als die der Leguminosen und betrug nur 25 % der Summe aus bodenbürtigem und biologisch gebundenem Stickstoff. Da sie mit dem Anteil an Buchweizen und Phazelia nicht Luftstickstoff binden konnte, ist das weiter nicht überraschend. Der Wert der Luzerne (67 % Luftstickstoff-Anteil) lag knapp unter dem erwünschten Niveau. Der Steinklee erbrachte mit einem Luftstickstoff-Anteil von 75 % die beste Fixierleistung. Der Wundklee folgte mit einigem Abstand mit 69 % fixiertem Luftstickstoff.

Die Stickstoff-Flächenbilanz war, bis auf die Null-Parzelle, durchwegs positiv, wenn auch im Falle der Gras-Untersaat, die eigentlich nur als Referenzfrucht diente, der Überschuss an Stickstoff sehr klein war. Auch die Zwischenfrucht schnitt bei der Bilanz nicht sehr gut ab, brachte aber immerhin 20 kg/ha Stickstoff-Überschuss. Die Null-Parzelle, die als N_{fix} -Anteil nur den Stickstoffgehalt der Deckfrucht-Stoppelmasse aufweisen konnte, lag natürlich weit im Minus. Steinklee- und Wundklee-Untersaaten bilanzierten sehr gut im positiven Bereich.

5.8. Aufwuchs im Bereich Winterweizen (Probenahme Juli 2002)

Bei der Aussaat der Deckfrucht Winterweizen wurde ein Teil der Versuchspartellen zu dicht besät (Kap. 4.7.1., Abb. 57).

Der Aufwuchs in den Blocks (Wiederholungen) 5, 6, 7 und 8 war unter diesen Umständen außerordentlich ungleich und wies große Schwankungen der Messwerte innerhalb der Kornerträge, der Stängel- und Stoppel-Massen und dem Untersaat- und Beikraut-Aufwuchs auf.

Der Teil der Partellen, die von diesem Aussaatfehler zu Gänze betroffen waren, wurden von der statistischen Auswertung ausgeschlossen. Die verbliebenen Partellen, die zur Auswertung herangezogen wurden und dem fehlerhaften Bereich benachbart lagen, wurden noch teilweise von der hohen Deckfruchtdichte beeinflusst. Diese Partellen betrafen Wundklee (Block 5), Steinklee (Block 7) und Zwischenfrucht (Block 6 und 8). Die Deckfrucht-Erträge der Null-Partelle wurden aus der Umgebung der Versuchspartellen gewonnen, die normale Saatstärke aufwies. (Kapitel 4.7.1.) Die Interpretation der Messwerte ist somit schwierig und in manchen Fällen ist eine eindeutige Aussage nicht möglich.

Tab. 47: Frischmasse von Winterweizen und Beikraut relativ zur Nullpartelle [%] sowie Frischmasse der Untersaat [kg/ha]

Untersaat-Variante	Körner FM [%]	Stängel / Stoppel FM [%]	Untersaat FM [kg/ha]	Beikraut FM [%]
Wundklee	127	205	1400	29
Steinklee	93	160	2678	34
Luzerne	89	140	1409	4
Zwischenfrucht	113	176	-	100
Null-Partelle	100	100	-	-

Legende: FM: Frischmasse.

Null-Partelle: Körner: 3218,5 kg/ha, Stängel und Stoppel; 4996,7 kg/ha, Beikraut 8,7 kg/ha

Zwischenfrucht: Beikraut 9,7 kg/ha

Im Versuchsgebiet Raasdorf wurden Kornerträge des Winterweizens (mit der Vorfrucht Erbse), in der Höhe zwischen 3378 und 3886 geerntet (Pietsch et. al (2006)). Im Vergleich dazu waren die Mittelwerte der Kornerträge der Null-Partelle (Vorfrucht Winterweizen) eher niedrig, auch wenn die unterschiedlichen Vorfrüchte berücksichtigt werden. Ein durchschnittlich bis gutes Ertragsniveau erreichen nur die Wundklee- und Zwischenfrucht-Partellen (Tab. 47). Wie weit diese Ergebnisse von der Partellen-Lage beeinflusst wurden, kann man schwer beurteilen. Die schlechten Kornerträge der Steinklee-Partellen würden, wenn man einen positiven Einfluss der Randlagen annimmt, unbeeinflusst noch schlechter sein. Im Vergleich mit den Winterroggen-Werten, der Steinklee hatte dort die schlechtesten Korn-Erträge, verstärkt sich der Eindruck, dass Steinklee-Untersaaten dazu neigen, die Deckfrucht negativ zu beeinflussen. Die Luzerne-Partellen, die nicht in den beeinflussten Randbereichen lagen, wiesen einen noch geringeren Korn-Ertrag auf. Das weist darauf hin, dass die lange Trockenperiode, die im vorhergehenden Herbst kurz nach der Aussaat der Deckfrüchte einsetzte und bis Anfang März anhielt, auch den Ertrag des Winterweizens negativ beeinflusst hatte.

Der auffallend hohe Stängel- und Stoppelertrag im Bereich der Versuchspartellen, dem kein adäquater Kornertrag gegenüber steht, weist auf eine Konkurrenzsituation oder Mangelscheinungen in bestimmten Entwicklungsphasen der Deckfrucht hin. Schultheiss und Oppitz von Boberfeld (1993) begründen vermindertes Tausendkorn-Gewicht mit Wasserknappheit in der Zeit der Blüte bis zur Reife. Schlecht entwickelte Deckfrüchten leiden unter dem Konkurrenzdruck von Untersaaten. Fällt dieser Konkurrenzdruck in die Zeit zwischen Ende der Bestockung und der Blüte, dann reagiert das Getreide mit verminderter Kornzahl je Ähre.

Die Saatstärke der Deckfrucht ist für die mögliche Wirkung der Untersaaten auf Kornerträge maßgeblich (Schultheiss und Oppitz von Boberfeld (1993).

Keine dieser Begründungen dürfte hier zutreffen. Renius und Lütke-Entrup bezeichnen Winterweizen als „sehr starke Deckfrucht“. Konkurrenz der Untersaat gegenüber der Deckfrucht kann man hier ausschließen. Im Gegenteil konkurrierte die Deckfrucht eher die Untersaat. Die Untersaaterträge waren verglichen mit den Parzellen der Winterroggen-Deckfrucht ausgesprochen schwach (Tab. 22 und Tab. 40). Beikraut war so gut wie nicht vorhanden. Die Niederschläge übertrafen das langjährige Mittel und waren, von kurzfristigen Trockenperioden abgesehen, ausreichend.

Die Erträge der auf zwei Wiederholungen reduzierten Untersaat-Varianten waren im Vergleich mit dem Untersaat-Aufwuchs im Bereich Winterroggen deutlich geringer (vergl. Tab. 25 und Tab. 40). Die Reihung der Untersaat-Ergebnisse (Juli 2002): Steinklee \geq Luzerne \geq Wundklee.

Nach der Deckfruchternte erholten sich die Reste von Untersaaten, die sich auf den ausgeschiedenen Parzellen gehalten hatten, und bildeten bis zur Probenahme im September doch noch eine gute Bodenbedeckung. Aus diesem Grund wurden sie in die Auswertung bis auf eine Luzerne-Parzelle mit Totalausfall, wieder aufgenommen. Einen seriösen Vergleich mit der Untersaat-Entwicklung im Bereich der Winterroggen-Parzellen kann man allerdings nicht anstellen. Die Aufwuchsbedingungen waren zu unterschiedlich.

Wie schon bei den Wundklee- und Zwischenfrucht-Frischmassen im Winterroggen-Bereich dominierten auch beim Winterweizen die Wundklee- und Zwischenfrucht-Erträge. Wobei die Zwischenfrucht-Erträge, die nicht unter den Deckfrucht-Unregelmäßigkeiten zu leiden hatte, sogar ein deutlich besseres Ergebnis brachte als im Bereich Winterroggen (2641 kg/ha gegenüber 1911 kg/ha Trockenmasse). Beim Wundklee waren die schlechten Entwicklungsbedingungen unter der Deckfrucht Winterweizen noch spürbar. Er erreichte bei weitem nicht die Erntemenge, die er im Bereich Winterroggen ablieferte. Allerdings war er trotzdem die Untersaat mit den höchsten Erträgen im Winterweizen-Bereich. Die Überraschung bot der Steinklee. Obwohl er wie die anderen Untersaaten auch unter der Deckfrucht um sein Überleben zu kämpfen hatte, regenerierte er sich in den zwei Monaten ohne Deckfrucht derartig rasch, dass er den Trockenmasse-Ertrag des Winterroggen-Bereiches sogar leicht überbot (Tab. 27 und Tab 42). Die Unterschiede zwischen den Untersaat-Erträgen im Winterweizenbereich waren signifikant.

Das Beikraut, das im Juli auch in den nicht zu dicht bewachsenen Parzellen kaum vorhanden war, überholte bis zum Kontrolltermin im September die Beikrautmassen der Parzellen im Winterroggen-Bereich um das Mehrfache (Tab. 30 und Tab. 44). Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Untersaat-Parzellen, obwohl der Beikrautbesatz auf Steinklee-Parzellen deutlich niedriger ausfiel.

Wenn man von den Problemen durch die falsche Saatedichte absieht, kann man beim Überblick über die zwar teilweise unsicheren Ergebnisse einen gewissen positiven Einfluss der Weizenrückstände auf die Leguminosen-Untersaaten erkennen. Zumindest war nach der Deckfruchternte eine rasante Aufholjagd des Leguminosen-Wachstums möglich. Als Voraussetzung dafür muss neben günstiger Witterung auch ein entsprechendes Nähstoffangebot vorliegen.

Von Winterweizen-Beständen können Wurzelrückstände von bis zu 1500 kg/ha angenommen werden die einen durchschnittlichen Stickstoff-Gehalt von 1,2 kg Stickstoff pro 100 kg Trockensubstanz aufweisen und damit einen Vorrat an mineralisierbarem Stickstoff von 18 kg/ha bilden (Freyer, (2003: 130). Man kann von einer Mineralisierungsrate von 1 – 3 % im Jahr ausgehen (Hermann und Plakolm (1991: 149), die aber sehr von den Boden- und Witterungsverhältnissen beeinflusst wird. Leider wurden die N_{min} -Werte der Winterweizen-Parzellen nicht bestimmt.

5.9. Arbeitshypothesen

Leguminosenarten-Vergleich:

Es gibt keine deutlichen Unterschiede bezüglich der Entwicklungsvitalität, der Frisch- und Trockenmassen- Erträge, der Bodenbedeckung, der Beikraut-Unterdrückung und der Stickstoff-Fixierung zwischen den einzelnen ausgewählten Leguminosenarten unter pannonischen Klimabedingungen.

Unter der Deckfrucht Winterroggen (der Ausfall der Weißklee-Beimengung zum Steinklee soll hier nicht bewertet werden) ergaben sich unter pannonischen Klimabedingungen zwischen den einzelnen Leguminosen keine signifikanten Unterschiede bezüglich **Vitalität, Bodenbedeckung** (Bonitur-Termin 20.8.2002) und **Beikrautunterdrückung** (Probenahme September 2002). Die Arbeitshypothese kann in diesen Fällen angenommen werden. Die **Frisch- und Trockenmasse-Erträge der Leguminosenarten** (Probenahme September 2002) unterschieden sich signifikant voneinander. (Wundklee > Steinklee > Luzerne), Die **Wurzel-Trockenmassen** der Leguminosen unterschieden sich ebenfalls signifikant (Steinklee > Luzerne > Wundklee). In beiden Fällen muss die Arbeitshypothese verworfen werden. Die Schätzung der **biologischen Stickstoff-Fixierung** ergab keine signifikante Differenz zwischen den Leguminosen-Untersaaten. In diesem Fall kann die Arbeitshypothese angenommen werden.

Im Bereich der Winterweizenparzellen wurden ein Teil der Deckfrucht zu dicht eingesät und damit der Aufwuchs der Untersaaten zum Teil völlig unterdrückt oder zumindest sehr dezimiert. Die Leguminosen hatten sich zwar nach der Deckfruchternte bis auf eine Ausnahme gut regeneriert, die Messergebnisse und ihre statistische Auswertung sind aber trotzdem mit Vorbehalt zu betrachten.

Unter der **Deckfrucht Winterweizen** ergaben sich in den Bereichen **Bodenbedeckung, Vitalität** (Bonitur-Termin 20.8.2002) und **Beikrautunterdrückung** (Probenahme September 2002) keine signifikanten Differenzen zwischen den Leguminosenarten. Die Arbeitshypothesen können in diesem Bereich angenommen werden. Die **Frisch- und Trockenmasse-Erträge** (Probenahme September 2002) unterschieden sich signifikant (Frischmasse: Wundklee > Steinklee und Luzerne, Trockenmasse: Wundklee > Luzerne). Die Arbeitshypothese muss in diesen Fällen verworfen werden. Wurzel-Trockenmassen wurden im Bereich Winterweizen nicht geprüft. Die Schätzung der biologischen Stickstoff-Fixierung wurde nicht durchgeführt.

Wechselwirkung Untersaat – Deckfrucht:

Es gibt keinen deutlichen Unterschied bezüglich der Entwicklung der Leguminosen-Untersaaten zwischen der Deckfrucht Winterroggen und der Deckfrucht Winterweizen.

Auf Grund der fehlerhaften Deckfrucht-Dichte im Bereich Winterweizen und der daraus resultierenden Untersaat-Ausfälle, kann keine eindeutige Aussage bezüglich der Entwicklungs-Unterschiede der Leguminosen-Untersaaten zwischen den beiden Deckfrüchten gemacht werden. Die Hypothese wird daher weder angenommen noch verworfen.

Wechselwirkung Untersaat – Deckfrucht:

Es gibt keinen deutlichen Einfluss der Leguminosen-Untersaaten auf die Deckfruchterträge von Winterroggen und Winterweizen.

Die verschiedenen Leguminosen-Untersaaten übten keinen signifikanten Einfluss auf die mittleren Deckfrucht-Erträge (Korn, Stängel und Stoppel) des **Winterroggens** aus. Die Arbeitshypothese kann in diesem Bereich angenommen werden.

Die Auswertung der Messwerte der Versuchs-Parzellen mit der Deckfrucht Winterweizen musste auf neun Parzellen reduziert werden. Eine zu dicht ausgesäte Deckfrucht auf 7 Versuchs-Parzellen ließ eine eindeutige Aussage über den Einfluss von Untersaaten auf Deckfrucht-Erträge nicht zu, da die Untersaaten fast völlig unterdrückt worden waren.

Die verschiedenen Leguminosen-Untersaaten auf den restlichen Parzellen übten keinen signifikanten Einfluss auf die mittleren Erträge (Korn, Stängel und Stoppel) der Deckfrucht **Winterweizen** aus. Die Arbeitshypothese kann in diesem Fall angenommen werden.

Vergleich Untersaat – Blanksaat:

Es gibt keine deutlichen Unterschiede bezüglich der Frisch- und Trockenmasse-Entwicklung, der Bodenbedeckung, der Beikraut-Unterdrückung und der Stickstoff-Fixierung zwischen den Leguminosen-Untersaaten und der Zwischenfrucht-Mischung als Blanksaat unter pannonischen Klimabedingungen.

Im Bereich der Deckfrucht Winterroggen kam es zu signifikanten Unterschieden bezüglich der Frisch- und Trockenmasse-Entwicklung des Aufwuchses (Zwischenfrucht < Wundklee), der Wurzel-Trockenmasse (Zwischenfrucht < Steinklee), und der Stickstoff-Fixierung (Zwischenfrucht < Wundklee und Steinklee) zwischen den Leguminosen-Untersaaten und der Zwischenfrucht-Mischung als Blanksaat. In diesem Fall muss die Arbeitshypothese verworfen werden. Es gab keine signifikanten Unterschiede bei der Bodenbedeckung und der Beikraut-Unterdrückung (Probenahme September 2002) zwischen den Leguminosen-Untersaaten und der Zwischenfrucht. Die Arbeitshypothese kann hier angenommen werden.

Die Untersaat-Erträge im Bereich Winterweizen wurden durch die zu dichte Deckfrucht-Einsaat in ihrer Entwicklung sehr stark gehemmt und konnten sich erst nach der Deckfrucht-Ernte etwas erholen. Der Vergleich der Aufwuchs-Erträge der Leguminosen mit denen der Zwischenfrucht-Mischung ist deshalb im Winterweizen-Bereich mit Vorbehalt zu betrachten.

Im Bereich der **Deckfrucht Winterweizen** kam es zu signifikanten Unterschieden bei der **Frischmasse-Entwicklung** des Aufwuchses zwischen der Untersaat und der Zwischenfrucht-Blanksaat (Zwischenfrucht > Steinklee und Luzerne). In diesem Fall muss die Arbeitshypothese verworfen werden. Bei den Erträgen in Form von Trockenmassen gab es keine signifikanten Differenzen. Hier muss die Hypothese angenommen werden. In den Bereichen **Bodenbedeckung** und **Beikraut-Unterdrückung** gab es ebenfalls keine signifikanten Unterschiede. Die Hypothese kann hier angenommen werden. Die Wurzelmassen und die Stickstoff-Fixierung wurde im Winterweizen-Bereich nicht bestimmt.

6. Zusammenfassung

Mit dieser Arbeit wurde die Eignung der Leguminosen Wundklee (*Anthyllis vulneraria*) 'TREBICKSKY', Luzerne (*Medicago sativa*) 'EUROPE' und Steinklee (*Melilotus alba*) 'LUFA' gemischt mit einer geringen Menge Weißklee (*Trifolium repens*) 'HUIA' auf ihre Eignung zur Untersaat-Gründung unter den Deckfrüchten Winterroggen (*Secale cereale*) und Winterweizen (*Triticum aestivum*) unter pannonischen Klimaverhältnissen untersucht. Zum Vergleich wurde eine Zwischenfrucht-Mischung aus Leguminosen und Nicht-Leguminosen nach der Deckfruchternte ausgesät. Zusätzlich wurden noch Referenz-Untersaaten mit Gras und Parzellen ohne Untersaat (Null-Parzellen) angelegt.

Die Versuchsflächen lagen im niederösterreichischen Raasdorf. Die durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt hier 9,8° C, der mittlere Jahresniederschlag 545 mm. Die Lage ist offen und windig. Es kann zu sommerlichen Trockenperioden kommen. Der Versuch wurde als Parzellen-Feldversuch in Form einer randomisierten Blockanlage mit vierfacher Wiederholung durchgeführt.

In einer Umfrage unter ökologisch arbeitenden Landwirten, deren Betriebe im pannonischen Klimaraum lagen, wurde ohne Ausnahme über Trockenperioden im Frühjahr und Spätsommer geklagt. 5 Landwirte hatten aus diesem Grund und wegen einer befürchteten Konkurrenzwirkung gegenüber der Deckfrucht nie Untersaaten genutzt. 3 Landwirte hatten den Anbau von Untersaaten aus Gründen von Wasserknappheit, Termin- und Ernteschwierigkeiten und hoher Bewässerungskosten aufgegeben. Die restliche 15 Landwirte fanden Aussaat, Keimung und Entwicklung weitgehend problemlos. Negative Erfahrungen wurden von ihnen hauptsächlich mit Wassermangel, Lichtmangel und wechselweiser Unterdrückung von Hauptfrucht und Untersaat gemacht.

Die Bodenfeuchte wurde mittels FDR-Sonde von Juni bis September 2002 zweimal monatlich gemessen. Im Vergleich zu Null- und Grasparzellen ergaben die Messungen unter dem Leguminosen-Aufwuchs eine tendenziell niedrigere und unter den Zwischenfrucht-Parzellen zeitweise eine höhere Bodenfeuchte. Zu den Messterminen 3 (15.07.2002), 6 (30.08.2002) und 7 (19.09.2002) war die Bodenfeuchte unter den Leguminosen signifikant niedriger gegenüber Null-Parzellen, zum Messtermin 7 auch gegenüber Zwischenfrucht-Parzellen.

Die Bestimmung des N_{min} erfolgte im März und September 2002 in den Bodenschichten 0-90cm. Die Werte des Frühjahrs waren nicht sehr hoch und unterschieden sich nicht signifikant. Im Herbst waren sie deutlich abgesunken. Die einzige Ausnahme bildeten die Luzernen-Parzellen. Ihr Stickstoff-Wert war um 12 kg/ha (41 %) höher als im Frühjahr. Signifikante Unterschiede zeigten sich nur in der obersten Bodenschicht (0-30cm).

Es wurden die Bodenbedeckung, die Wuchshöhe, das Beikraut-Aufkommen und die Vitalität dokumentiert. Unter der Deckfrucht Winterroggen, die einen eher schütterten Aufwuchs zu verzeichnet hatte, entwickelten sich die Untersaaten sehr gut mit Ausnahme des Weißklee, der sich nicht behaupten konnte. Die Parzellen mit der Deckfrucht Winterweizen waren teilweise doppelt besät worden. In diesen Bereichen war der Aufwuchs der Untersaaten stark dezimiert.

Die Korn-, Stängel- und Stoppel-Trockenmasse der Deckfrucht Winterroggen war sehr niedrig. Die Parzellen der Wundklee-Variante erzielten bei den Korn-, Stängel- und Stoppel-Trockenmassen vergleichsweise die besten Ergebnisse (1257 kg/ha Kornertrag, Stängel- und Stoppel-Masse: 5444 kg/ha) und bei Wundklee-Trockenmassen vom Juli (540 kg/ha) und September (5125 kg/ha) sehr gute Werte. Der Wundklee scheint die Deckfrucht zu fördern. Die Steinklee-Parzellen lagen bei den Korn-Erträgen an letzter Stelle (946 kg/ha), bei Stängel- und Stoppelmassen an zweiter Stelle (5284 kg/ha) bei Steinklee-Trockenmassen im Juli (1081 kg/ha) an erster, im September an zweiter Stelle (2487 kg/h). Steinklee dürfte die Deckfrucht eher negativ beeinflussen. Die

Luzerne-Parzellen erreichten mittlere Werte bei Korn-, Stängel- und Stoppelmasse und dem Aufwuchs im Juli und September. Luzerne verhielt sich der Deckfrucht gegenüber neutral. Beim Beikraut-Bewuchs lagen Null-Parzellen, Gras- und Zwischenfrucht-Parzellen im Juli und im September an der Spitze. Die größten Wurzelmassen (Probenahme im September) erreichte der Steinklee, gefolgt von Luzerne, Wundklee, Gras und Zwischenfrucht.

Die Stickstoff-Gehalte des gesamten Winterroggen-Aufwuchses unterschieden sich nicht signifikant. Der Stickstoff-Ertrag des Winterroggen war in den Wundklee-Parzellen am höchsten (59 kg/ha). Der Eindruck einer positiven Wirkung des Wundklees auf den Winterroggen verstärkte sich. Im Luzerne-Bereich des Winterroggens erreichte der Stickstoff-Ertrag 58 kg/ha. Der N-Ertrag im Bereich der Steinklee-Parzellen lag im unteren Mittelfeld. Der Eindruck eines negativen Einflusses der Steinklee-Untersaat auf die Deckfrucht wurde deutlicher. Bei den Stickstoff-Erträgen der Untersaaten lagen wieder die Wundklee-Werte an der Spitze (133 kg/ha) gefolgt vom Steinklee (73 kg/ha) und Luzerne (52 kg/ha). Bei den N - Erträgen der Wurzelmassen lag der Steinklee-Bereich mit Abstand an erster Stelle (113 kg/ha) gefolgt von Luzerne-Parzellen (59 kg/ha) und Wundklee-Parzellen (36 kg/ha). Die Unterschiede waren sowohl bei den Stickstoff-Erträgen der oberirdischen Biomasse als auch bei denen der Wurzelwerte signifikant.

Die Stickstoffgehalte im Bereich Winterweizen wurden nicht erhoben.

Beim Gehalt an bodenbürtigen Stickstoff lag der Wundklee an erster Stelle (52 kg/ha) gefolgt von der Zwischenfrucht (48 kg/ha). Den höchsten Anteil an biologisch fixierten Stickstoffs wies der Steinklee auf (139 kg/ha) gefolgt vom Wundklee (117 kg/ha).

Alle Versuchsvarianten zeigten eine positive N₂-Bilanz. Einzig die Null-Parzelle bilanzierte negativ. Die Werte der Steinklee-Parzellen lagen wieder an der Spitze (155 kg/ha). Es folgten die Wundklee-Parzellen (115 kg/ha), die Luzernen-Parzellen (59 kg/ha) und die Zwischenfrucht (20 kg/ha).

Die Mittelwerte der Korn-, Stängel- und Stoppel-Erträge des Winterweizens zeigten signifikante Unterschiede. Die Frischmasse der Korn-Erträge lagen im Bereich von 4091 kg/ha bis 2871 kg/ha mit folgender Reihung: Wundklee ≥ Zwischenfrucht ≥ Null-Parzelle ≥ Steinklee ≥ Luzerne. Die Frischmasse der Stängel- und Stoppel-Erträge lagen im Bereich von 10290 kg/ha bis 4997 kg/ha mit der Reihung: Wundklee ≥ Zwischenfrucht ≥ Steinklee ≥ Luzerne ≥ Null-Parzelle. Die Untersaaten zum Zeitpunkt der Deckfrucht-Ernte waren durch hohe Ausfälle der zu dichten Deckfrucht geprägt und dadurch nicht wirklich vergleichbar. Die Beikraut-Massen waren zu diesen Zeitpunkt aus dem selben Grund verschwindend gering. Im September hatten sich die überlebenden Untersaaten zwar gut erholt, wegen der großen Ausfälle war eine seriöse Beurteilung jedoch nicht möglich. Der Beikraut-Besatz war mittelmäßig. Seine Mittelwerte zeigten keine signifikanten Unterschiede.

7. Summary

This thesis investigates the undersown legumes kidney-vetch (*Anthyllis vulneraria*) 'TREBICKSKY', lucerne (*Medicago sativa*) 'EUROPE' and white sweet clover (*Melilotus alba*) 'LUFÄ' mixed with a small amount of white clover (*Trifolium repens*) 'HUIA' for green manuring in a pannonic climate under the cover crops of winter rye and winter wheat in comparison to an catch crop mix of legumes and non-legumes. Additionally grass parcels and parcels without undersown crops (zero-parcels) had been established for reference.

At the test area near Raasdorf (Austria) the mean annual temperature is 9,8°C and the total annual precipitation is 545 mm. The test site is exposed to winds with periods of drought in summer. The field trials had been performed in a randomised complete block design in four replicates..

A survey on biologically working farmers in the pannonic region was performed. All respondents complained about dry periods in spring and late summer. 5 farmers therefore never tried undersown crops suspecting mutual competition. 3 farmers abandoned underseed because of lack of water, high costs of irrigation and problems with harvesting and timing. 15 farmers reported no major problems with seed, germination and growing. Negative experience was reported mainly by lack of water or lack of light exposure and by alternate obstruction of undersown and cover seed.

Twice a month the water content of soil was measured by a FDR-probe. The soil moisture in legumes parcels was lower compared to grass and zero parcels by trend and even significantly lower on date of measure № 3 (15.07.02), № 6 (30.08.02), № 7 (19.09.02). On date № 7 moisture in legume parcels was significantly lower than under the catch crop. Under catch crop parcels moisture sometimes was higher than in grass and zero-parcels.

Evaluation of Nitrogen within three soil layers from 0 to 90cm was performed in March and September 2002. March data had been quite low. Data did not differ significantly and considerably decreased until September except of the lucerne parcels. There Nitrogen increased for 13 kg/ha (41 %) until autumn. Significant differences had been observed only in the 0-30cm.

Ground cover, height of growth, weed content and vitality had been recorded. Under winter rye which grew sparsely the growth of the undersown crop was good except for white clover. Under the partly double sown winter wheat the growth of the undersown crop was strongly suppressed.

Grain and straw dry mass of winter rye was very low on all parcel variants. The highest yield of grain and straw dry mass was observed in kidney-vetch parcels (1257 kg/ha grain and 5444 kg/ha straw). The best legumes dry mass yield was obtained with kidney-vetch in July (540 kg/ha) and September (5125 kg/ha). Kidney-vetch most likely supports winter rye. On white sweet clover parcels a minimum of grain yield (946 kg/ha), second-order straw mass (5284 kg/ha) and the topmost undersown crops dry mass in July and second order in September was obtained. White sweet clover seems to have a negative influence on winter rye. On lucerne parcels a medium yield was obtained. Lucerne likely remains neutral to winter rye. The growth of weeds on all parcels was largest on zero-parcels, grass parcels and catch crop parcels in July and September. Root mass sampling in September showed a maximum in white sweet clover parcels and in decreasing order in lucerne, kidney-vetch, grass and catch crop parcels.

The Nitrogen-content of winter rye grain and straw did not differ significantly between different parcel variants. On kidney-vetch parcels the maximum content was gained (59 kg/ha). The positive influence of Kidney-vetch onto winter rye was confirmed. In lucerne parcels the N-content was 58 kg/ha and in white sweet clover parcels the content was in the lower part of the data range. The negative influence of white sweet clover onto winter rye was observable. The Nitrogen-content of the undersown crops was at most on kidney-vetch parcels (133 kg/ha) followed by white sweet clover (73.0 kg/ha) and lucerne (52.0 kg/ha). The Nitrogen-content of roots white sweet clover was

on top by far (113 kg/ha) followed by lucerne (59 kg/ha) and kidney-vetch (36.0 kg/ha). The Nitrogen-content was significantly different as well on undersown crop as on roots. The N-content within the winter wheat area was not investigated.

Kidney-vetch contained most N_{min} from soil (52 kg/ha) followed by the catch crop (48 kg/ha). The highest content on biologically fixed Nitrogen contained white sweet clover (139 kg/ha) followed by kidney-vetch (117 kg/ha).

On all parcel variants a positive Nitrogen area balance was determined in contrast to the negative balance of the zero parcels. White sweet clover was on top (155 kg/ha) followed by kidney-vetch (115 kg/ha), lucerne (59 kg/ha) and catch crop (20 kg/ha).

Grain yield and straw fresh mass of winter wheat did differ significantly between parcel variants. The Grain yield was in the range from 4091 kg/ha to 2871 kg/ha. In decreasing order: kidney-vetch ≥ catch crop ≥ zero parcel ≥ white sweet clover ≥ lucerne. Straw mass was in the range from 10290 kg/ha to 4997 kg/ha. In decreasing order: kidney vetch ≥ catch crop ≥ white sweet clover ≥ lucerne ≥ zero-parcel. No significant mass differences between the undersown crops had been observed at time of the cover crops harvest. Anyhow, because of severe dropouts due to the densely sown winter wheat the comparison was not reasonable. For the same reason weed was highly suppressed as well. In September the surviving undersown crops had recovered well. Because of the high dropouts a reasonable assessment was not possible. Weed growth was moderate without significant differences.

8. Schlussfolgerungen

Alle geprüften Leguminosen eignen sich nicht im gleichen Maße für eine Untersaat. Die Werte des Steinklees zeigen die Neigung, die Deckfrucht zu dominieren. Seine Stickstoff-Bilanz ist aber die beste. Der Wundklee entwickelte eine sehr große Aufwuchsmasse, scheint aber die Deckfrucht nicht zu konkurrieren sondern eher zu fördern. Seine Stickstoff-Bilanz ist die zweitbeste. Die Luzerne liegt mit ihren Leistungen meist im Mittelfeld und hat keinen erkennbaren Einfluss auf die Deckfrucht. Ihre Aufwuchsmasse wurde stark durch Tierfraß reduziert. Verglichen mit den Ergebnissen der Blanksaat-Mischung sind alle drei Untersaaten als Stickstoff-Sammler und frühe Bodenbedecker geeigneter als die Zwischenfrucht-Mischung. Der Wasserbedarf der Untersaat-Leguminosen war allerdings ab Juli fast ausnahmslos signifikant höher als der Bedarf der Blanksaat-Mischung und der Parzellen ohne Untersaat.

Conclusion

Not all legumes under investigation are equally well suited for undersown crops. Measurements indicate the white sweet clover to dominate the cover crop. White sweet clover shows the best Nitrogen balance. Kidney-vetch yields a high growth mass and likely does not compete but rather supports the cover crop. Its Nitrogen balance is second-best. Lucerne with medium ratings is without any noticeable influence onto the cover crop. Growth mass was strongly reduced by animal bites. In comparison with the catch crop all three undersown legumes are suited better for early soil cover and Nitrogen collectors. The water requirement since July however was almost significantly higher for legumes compared to the catch crop and zero parcels.

Quellenverzeichnis

- Adler, W., Fischer, A., Oswald, K.;** (1994): Exkursionsflora von Österreich. Stuttgart, Wien: Verlag Eugen Ulmer: 1180 S
- Aichele, D., Schwegler H.-W.;** (1991): Unsere Gräser. Franckh-Kosmos, Stuttgart: 224 S
- Bichara, D. C.;** (1983): Vergleichende Untersuchungen bei Luzerne (*Medicago sativa* L.) und Wundklee (*Anthyllis vulneraria* L.) auf Ertrag, Qualitätsmerkmale und Vorruchtwert unter dem Einfluss verschiedener Anbaumaßnahmen. Dissertation. Universität Hohenheim.
- Boller, B. C. und Nösberger, J.** (1987): Symbiotically fixed nitrogen from field-grown white and red clover mixed with ryegrasses at low levels of ¹⁵N-fertilization, *Plant and Soil* 104: 219-226.
- Brock, Th., Madigan, M., Martinko, J.;** (2006): Brock Mikrobiologie. Pearson Edukation Deutschland GmbH., München: 1203 S
- Brodowski, N.;** (2001): Untersaaten in Winterweizen in Abhängigkeit von Sortenwahl und Herbizideinsatz. Dissertation. Justus-Liebig-Universität, Gießen.
- Cato, M.P. der Ältere;** (12.12.2010): „Die Agricultura“. Welche Feldfrüchte das Saatfeld düngen: Lupinen, Bohnen, Wicken ...
http://wiki.zum.de/Bodenhistorie/Der_Umgang_mit_dem_Boden_im_Altertum
- Chalk, P. M.;** (1998): Dynamics of biologically fixed N in legume-cereal rotations: a review. *Australian Journal of Agricultural Research*. 49: 303-316.
- Crespi, M., Gálvez, S.;** (2000): Molecular mechanisms in root nodule development. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2000 Juni; 19(2):155-166.
- Dachler. M., Köchl, A.;** (15.2.2011): Die Wirkung verschiedener Gründungspflanzen auf Ertrag und Erlös der Folgekultur.
<http://www.boku.ac.at/diebodenkultur/volltexte/band-45/heft-1/dachler.pdf>
- Farthofer, R.;** (2004): Stickstoff-Auswaschungsverluste und Nachfruchteffekte von Futterleguminosen (Schnitt- und Grünbrachenutzung) auf Getreide-Nachfrüchte im ökologischen Landbau unter pannonischen Standortbedingungen in Ostösterreich. Dissertation. Universität für Bodenkultur, Wien.
- Feichtinger, F.;** (1995): „Landwirtschaftliche Nutzungsszenarien im Marchfeld aus wasserwirtschaftlicher Sicht. Schriftenreihe Band 1, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Wien.
- Fischbeck, G., Heyland, K.-U., Knauer, N.;** (1982): Spezieller Pflanzenbau. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart: 394 S
- Freyer, B.;** (2003): Fruchtfolgen. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart: 230 S
- Friedel, J., Pietsch, G., Freyer, B.;** (2003): ERNTE – Zeitschrift für Landwirtschaft und Ökologie, 5/2003; 30 – 31.

- Fruwirth, C.**, (24.2.2011): Handbuch des Hülsenfruchterbaues. 3. Aufl., Verlag Paul Parey, Berlin.
<http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2000/320/original/biologie.htm#uebersicht1>
- Fuchs, R., Salzeder, G., Wiesinger, K.**; (6.3.2011): Leguminosen-Untersaaten im ökologischen Getreidebau. Ergebnisse dreijähriger Versuchsreihen. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Inst. Für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz. Freising, München.
<http://www.lfl.bayern.de/iab/oekologisch/pflanzenbau/13717/leguminosen.pdf>
- Geisler, G.**; (1988): Pflanzenbau. Berlin, Hamburg: Verlag Paul Parey: 478 S
- Hadatsch, S., Kratochvil, R., Vabitsch, A. Freyer, B., Götz, B.**; (2000): Biologische Landwirtschaft im Marchfeld. Monographien, Band 127. Umweltbundesamt GmbH., Wien: 198 S
- Hartmann, Rößl, Forster**; (22.2.2011): Schaf-Schwingel, Wachstumsbedingungen / Eigenschaften. LfL Pflanzenbau.
<http://www.lfl.bayern.de/ipz/gruenland/09663/schafschwingel.pdf>
- Hartmann, Rößl, Forster**; (22.2.2011): Weißklee, Wachstumsbedingungen / Eigenschaften. LfL Pflanzenbau,
<http://www.lfl.bayern.de/ipz/gruenland/09663/weissklee.pdf>
- Hauser, S.**, (1987): Schätzung der symbiotisch fixierten Stickstoffmenge von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) mit erweiterten Differenzmethoden. Diss., Georg-August-Universität, Göttingen.
- Hegi, G.**; (1975): Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Band IV. Berlin, Hamburg: Verlag Paul Parey: 1750 S
- Hellriegel, H., Wilfarth, H.**; (1888): Untersuchungen über die Stickstoffnahrung von Gramineen und Leguminosen. Beilageheft zu der Zeitschrift des Vereins der Rübenzucker-Industrie des Deutschen Reichs. Bd. 38, Berlin.
- Hermann, G., Plakolm, G.**; (1991): Ökologischer Landbau. Österreichischer Agrarverlag , Wien: 428 S
- Hogh-Jensen, H. und Schjoerring, J. K.** (2001): Rhizodeposition of nitrogen by red clover, white clover and ryegrass leys. *Soil Biology and Biochemistry* 33: 439 – 448.
- Kahnt, G.**; (1983): Gründung. DLG-Verlag, Frankfurt/Main: 146 S
- Kahnt, G.**; (1986): Biologischer Pflanzenbau. Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart: 228 S
- Keller, R., Hanus, H., Heyland K.-U.**; (1999): Handbuch des Pflanzenbaues. Band 3: Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart (Hohenheim): 852 S
- Klingbacher, E.**; (2001): Biologische N₂-Fixierung von *Medicago sativa* in Reinsaat und Gemenge mit Gramineen bei Schnittnutzung im Ökologischen Landbau. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur. Wien.
- Koepf, H., Schaumann, W., Haccius, M.**; (1996): Biologisch-Dynamische Landwirtschaft. Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart:376 S
- Könemann, E.**; (1974): Ernte dreimal durch Mischkultur. Univ.-Verlagsbuchhandlung Braumüller GmbH., Wien-Stuttgart: 142 S

- Köpke, U., Stumm, Ch., Paffrath, A., Leisen, E .;** (12.1.2011): Klee gras zur ein- bis mehrjährigen Futternutzung. IOL – Institut für organischen Landbau, Universität Bonn; Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
www.oekolandbau.nrw.de/pdf/.../Kleegrasbroschuere_IX_2009_07.pdf
- Kovács D.;** (06.03.2002): <kovacs.dora@biokontroll.hu>
- Liebhard, P.;** (2.2.2011): Bedeutung der N₂-Bindung in Leguminosen. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität für Bodenkultur, Wien.
<http://www.heffterhof.at/img/Umweltgespraeche/liebhard.pdf>
- Loiskandl, W., Strauss-Sieberth, A., Nolz, R., Strohmeier, S.;** (2010): Scriptum „Bodenphysik“, LV 815101, Version 2010/11, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft. Universität für Bodenkultur, Wien.
- Loiskandl, W.;** (7.7.2011): Scriptum „Bodenwasserwirtschaft“, LV 815301, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft. Universität für Bodenkultur, Wien.
http://www.wau.boku.ac.at/fileadmin/_/H81/H815/Skripten/Sonstige/SPAC.pdf
- Lohse, S.;** (2006): Untersuchung der Plastidenentwicklung bei der arbuskulären Mykorrhiza an der Modellpflanze *Medicago truncatula*. Diss., Martin-Luther Universität, Halle-Wittenberg. BRD.
- Maas, G.;** (1993): Zum Anbau von Luzerne, Steinklee und Kulturmalve auf jungen rekultivierten Böden im Rheinischen Braunkohlenrevier. Bonn: Diss. Der Rhein. Friedrich-Wilhelm-Universität.
- Marquard, R.;** (6.2.2011): Stickstoffassimilation und die Symbiose mit Knöllchenbakterien.
<http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2000/320/original/sticksto.htm>.
- Merkelbach, H.;** (1990): Die Möglichkeiten des Einsatzes von Untersaaten zur Unkrautunterdrückung sowie Konkurrenzwirkungen von Unkraut und Untersaat auf die Ertragsbildung des Winterweizens. Bonn: Diss. Der Rhein. Friedrich-Wilhelm-Universität.
- Nounurai, P.;** (2009): Lokalisierung von MsRab11F während der Etablierung der Knöllchensymbiose zwischen *Medicago truncatula* und *Sinorhizobium meliloti*. Diss. Universität Bielefeld.
- N.N.;** (5.2.2011): Bioland. Biogartenversand, Hof Jeebel / Altmark
<http://biogartenversand.de/index.php?cPath=84>
- N.N.;** (3.1.2011): Die Geschichte der biologischen Landwirtschaft
http://www.bioaustria.at/biobauern/beratung/grundlagen__1/geschichte_bio_landbau/die_geschichte_der_biologischen_landwirtschaft
- N.N.;** (4.1.2011): Dr. Hans Müller
http://de.wikipedia.org/wiki/Hans_M%C3%BCller_%28Agrarpolitiker%29
- N.N.;** (22.2.2011): Echter Buchweizen
http://de.wikipedia.org/wiki/Echter_Buchweizen

- N.N.;** (10.2.2011): Echter Schafschwingel
http://de.wikipedia.org/wiki/Echter_Schaf-Schwingel
- N.N.;** (5.1.2011): Franz Sekera, Leben und Wirken
http://de.wikipedia.org/wiki/Franz_Sekera
- N.N.:** (4.1.2011): Friedrich der Große, Lupinenanbau.
http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2000/320/original/w_lupine.htm
- N.N.;** (20.2.2011): Futterwicke
<http://de.wikipedia.org/wiki/Futterwicke>
- N.N.;** (20.2.2011): Gewöhnlicher Glatthafer
http://de.wikipedia.org/wiki/Gew%C3%B6hnlicher_Glatthafer
- N.N.;** (5.1.2011): Hermann Wilfarth, Leben und Wirken
http://de.wikipedia.org/wiki/Hermann_Wilfarth
- N.N.;** (2000): Pflanzenbau II (Übungen), „Landwirtschaftliche Dauerkulturen“. Universität für Bodenkultur. Wien.
- N.N.;** (20.2.2011): Phacelia
<http://de.wikipedia.org/wiki/Phacelia>
- N.N.;** (20.2.2011): Platterbse
<http://de.wikipedia.org/wiki/Platterbsen>
- N.N.;** (20.2.2011): Rot-Schwingel
<http://de.wikipedia.org/wiki/Rot-Schwingel>
- N.N.;** (4.3.2011): Saatplatterbse, Kicherling
<http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2000/320/original/saat-pla.htm>
- N.N.;** (3.3.2011): Saatwicke
<http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2000/320/original/saatwick.htm>
- N.N.;** (28.2.2011): Schafschwingel. Saatzucht Steinach GmbH. & Co. KG, Steinach
<http://www.saatzucht.de/rasen/schafschwingel.html>
- N.N.;** (28.2.2011): Weißklee
<http://de.wikipedia.org/wiki/Wei%C3%9F-Klee>
- N.N.;** (3.2.2012): Weizen
http://www.raiffeisen.com/pflanzen/ackermanager/weizen_html
- N.N.;** (10.2.2011): Wiesen Schwingel
<http://de.wikipedia.org/wiki/Wiesen-Schwingel>
- ÖNORM 1091,** (1999): Chemische Bodenuntersuchungen – Bestimmung von mineralischem Stickstoff - Nmin – Methode
- Pietsch, G.;** (2004): N₂-Fixierungsleistung und Wasserverbrauch von Futterleguminosen im ökologischen Landbau unter den klimatischen Bedingungen der pannonischen Region Österreichs, Dissertation. Universität für Bodenkultur, Wien.

- Pietsch, G., Freyer, B., Hrbek, R.;** (2006): Merkblatt Erbse. BIO AUSTRIA. Linz und Wien.
http://www.bio-net.at/documents/merkblatt_erbse.pdf
- Pietsch, G., Starz, W., Wagenristl, H., Freyer, B.;** (2006): Optimierung von Körner- und Futtererbsenanbau und –verwertung unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus im pannonischen Klimagebiet
 Endbericht. Projekt 1290. Institut für Ökologischen Landbau, Department für Nachhaltige Agrarsysteme. Universität für Bodenkultur. Wien.
- Plinius d. Ältere** (20.12.2010): Naturalis historia
http://de.wikipedia.org/wiki/Naturalis_historia
- Preuschen, G., Bernath, K.;** (1983): Die Kunst der Gründüngung. Leopold Stocker Verlag, Graz: 164 S
- Renius, W., Lütke Entrup E.;** (1985): Zwischenfruchtbau zur Futtergewinnung und Gründüngung. DLG-Verlag, Frankfurt/Main: 206 S
- Rothmaler, W.;** (1991): Exkursionsflora von Deutschland, Band 3: Atlas der Gefäßpflanzen. Volk und Wissen Verlag GmbH. Berlin: 752 S
- Saatzucht Stainach GmbH. & Co. KG.;** (22.2.2011).
<http://www.saatzucht-steinach.de/rasen/schafschwengel.html>
- Schicke, P.;** (2.3.2011): Virosen am Inkarnatklée (*Trifolium inkarnatum L.*), Institut für Pflanzenkrankheiten der Universität Bonn.
<http://www.springerlink.com/content/g470231772074346/>
- Schlegel, H.-G., Eitinger, Th., Fuchs, G., Heider, J., Kemper, B., Kothe, e., Schink, B., Schneider, E., Uden, G.;** (2007): Allgemeine Mikrobiologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart: 678 S
- Schmidt, H.** (2004): Viehloser Öko-Ackerbau, Beiträge - Beispiele - Kommentare. Wissenschaftliche Schriftenreihe Ökologischer Landbau. Band 2. Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Schultheiss, U.; Opitz v. Boberfeld, W.;** (3.3.2011): Untersuchungen zur gegenseitigen Beeinflussung der Deckfrucht Wintergerste und verschiedenen Untersaaten. Bodenkultur, Band 45; 25, 29, 30, 31, 33.
<http://www.boku.ac.at/diebodenkultur/volltexte/band-45/heft-1/schultheiss.pdf>
- Schultz-Lupitz, A.;** (1927): Zwischenfruchtbau auf leichtem Boden. Arbeiten der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft, Ausgabe 4, Band 7. Berlin: 148 S
- Stählin, A., Stählin, L., Schuster, W.;** (1.2.2011): I. Biologie der Leguminosae (Hülsenfrüchtler
<http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2000/320/original/biologie.htm>
- Stougaard, J.;** (2000): Regulators and Regulation of Legume Root Nodule Development. University of Aarhus. Aarhus, Denmark .
<http://www.plantphysiol.org/content/124/2/531.full.pdf+html>
- Strasburger, E., Sitte, P., Weiler, E., Kadereit, J., Bresinsky, A., Körner. Ch.;** (2002): Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg: 1161 S

- Stülpnagel, R.;** (1982): Schätzung der von Ackerbohnen symbiotisch fixierten Stickstoffmenge im Feldversuch mit der erweiterten Differenzmethode. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau. 151: 446 – 458.
- Sturhand, D.** (2006): Mitt. Biol. Bundesamt Land- Forstwirtsch. 404.: 22.
[Zystenbildende Nematoden und verwandte Heteroderiden in Deutschland](http://www.cabi.org/jsc/ShowPDF.aspx?PAN=20103117138)
www.cabi.org/jsc/ShowPDF.aspx?PAN=20103117138
- Vitel, Inc.;** (1994): Hydra Soil Moisture Probe User's Manual, Version 1.2 . Vitel Inc., Chantilly, Virginia, USA.
- Vogt, G.;** (30.1.2011): Vegetarierbund Deutschland. Ewald Könemann
<http://www.google.com/search?ie=UTF-8&oe=UTF-8&sourceid=navclient&gfns=1&q=Ewald+K%C3%B6nemann+Vegetarierbund+Deutschland>
- Wagentristl, H.;** (2000): Jahresbericht 2000 der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur, Groß Enzersdorf.
- Wistinghausen v., A.** (1984): Leguminosen. Schriftenreihe "Lebendige Erde". Verlag „Lebendige Erde“. Darmstadt: 170 S.
- Woronin, M. S.;** (1866): Über die bei der Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) und bei der gewöhnlichen Gartenlupie (*Lupinus mutabilis*) auftretenden Wurzelschwellungen. Mémoires de l'Academie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg, VII Series, vol. X.
- Wulffen C. v.;** (30.1.2011): Über den Anbau der weissen Lupine im nördlichen Deutschland.
http://de.wikipedia.org/wiki/Carl_von_Wulffen
- Zederbauer;** (2002): Mündliche Mitteilung. BFL – Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Wien.
- Zeller, F.;** (5.3.2011): Übersichtsarbeiten Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*, Moench): Nutzung, Genetik, Züchtung. Die Bodenkultur 52(3)2001: 269
<http://www.boku.ac.at/diebodenkultur/volltexte/band-52/heft-3/zeller.pdf>

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Entwicklung von nicht-determiniertem und determiniertem Knöllchen	11
Abb. 2:	Wurzelknöllchenbakteroid	12
Abb. 3:	Wurzeltyp von Leguminosen	14
Abb. 4:	Überblick über die Versuchsflächen	18
Abb. 5:	Witterungsverlauf Sept. 2001 - Sept. 2002	19
Abb. 6:	Saat-Luzerne (<i>Medicago sativa</i>)	24
Abb. 7:	Weißer Steinklee (<i>Melilotus alba</i>)	26
Abb. 8:	Wundklee (<i>Anthyllis vulneraria</i>)	28
Abb. 9:	Weißklee (<i>Trifolium repens</i> L.)	30
Abb. 10:	Formblatt für die Keimfähigkeitskontrolle Seite 1.....	36
Abb. 11:	Formblatt für die Keimfähigkeitskontrolle Seite 2	36
Abb. 12:	Fragebogen – Formblatt mit Ergebnis-Beispiel Seite 1.....	43
Abb. 13:	Fragebogen – Formblatt mit Ergebnis-Beispiel Seite 2	44
Abb. 14:	volumetrischer Wassergehalt	50
Abb. 15:	Wassergehalt relativ zur Nullparzelle	51
Abb. 16:	Wassergehalt relativ zur Zwischenfruchtparzelle	51
Abb. 17:	Bodenwasser- Messwerte (15.07.2002)	52
Abb. 18:	Bodenwasser - Messwerte (30.08.2002)	53
Abb. 19:	Bodenwasser-Messwerte (19.9.2002)	53
Abb. 20:	N _{min} [kg/ha] in 0 – 30 cm Bodentiefe (Bereich Winterroggen, 09.02)	55
Abb. 21:	N _{min} [kg/ha] in 0 – 90 cm Bodentiefe (Bereich Winterroggen, 09.02)	56
Abb. 22:	Luzerne unter Winterroggen (17.05.2002)	63
Abb. 23:	Luzerne unter Winterroggen (19.07.2002)	63
Abb. 24:	Luzerne unter Winterweizen (17.05.2002)	63
Abb. 25:	Luzerne unter Winterweizen (19.07.2002)	63
Abb. 26:	Steinklee/Weißklee unter Winterroggen (17.05.2002).....	63
Abb. 27:	Steinklee/Weißklee unter Winterroggen (29.07.2002).....	63
Abb. 28:	Wundklee unter Winterroggen (17.05.2002).....	64
Abb. 29:	Wundklee unter Winterweizen (17.05.2002).....	64
Abb. 30:	Wundklee unter Winterroggen (29.07.2002).....	64
Abb. 31:	Wundklee unter Winterweizen (29.07.2002).....	64
Abb. 32:	Gras unter Winterroggen (17.05.2002).....	64
Abb. 33:	Gras unter Winterroggen (19.07.2002).....	64
Abb. 34:	Zwischenfrucht-Mischung (13.09.2002).....	65

Abb. 35:	Zwischenfrucht-Mischung (13.09.2002).....	65
Abb. 36:	Fraßspuren (13.09.2002).....	65
Abb. 37:	Mauselöcher (13.09.2002).....	65
Abb. 38:	Untersaat vor der Getreideernte im Juli 2002.....	65
Abb. 39:	Versuchspartellen (19.08.2002).....	65
Abb. 40:	Körner-Trockenmasse der Blocks 1 – 4, [kg/ha] (Bereich Winterroggen)	66
Abb. 41:	Untersaat-Trockenmasse der Blocks 1 – 4, Bereich Winterroggen, Juli 2002	66
Abb. 42:	Untersaat-Trockenmasse der Blocks 1 – 4, Bereich Winterroggen, Sept. 2002	67
Abb. 43:	Winterroggen-Kornerträge [kg/ha] Trockenmasse	68
Abb. 44:	Stängel incl. Stoppel [kg/ha], Winterroggen Trockenmasse	68
Abb. 45:	Untersaat-Trockenmasse unter der Deckfrucht Winterroggen (Juli 2002)	69
Abb. 46:	Untersaat-Aufwuchs Frischmasse [kg/ha] unter der Deckfrucht Winterroggen	70
Abb. 47:	Untersaat-Aufwuchs Trockenmassen [kg/ha] unter der Deckfrucht Winterroggen .	71
Abb. 48:	Wurzel-Trockenmassen [kg/ha] Bereich Winterroggen (Bodentiefe 0 – 30 cm)	72
Abb. 49:	Beikraut-Frischmasse [kg/ha] im Bereich Winterroggen (Sept. 2002).....	73
Abb. 50:	Stickstoff-Ertrag im Aufwuchs (Untersaaten und Zwischenfrucht, Sept. 2002)	75
Abb. 51:	Stickstoff-Ertrag der Wurzelmasse (0 – 30 cm Tiefe) Bereich Winterroggen	77
Abb. 52:	Stickstoff-Ertrag der Wurzelmasse (30 – 60 cm Tiefe) Bereich Winterroggen	77
Abb. 53:	Stickstoff-Ertrag der Untersaat- und Zwischenfrucht-Wurzeln (0 – 60 cm Tiefe).....	78
Abb. 54:	Stickstoff-Ertrag der gesamte Biomasse (Untersaaten und Zwischenfrucht).....	78
Abb. 55:	Schätzung der biologischen Stickstoff-Fixierung nach der Differenzmethode	80
Abb. 56:	Stickstoff-Flächenbilanz Bereich Winterroggen	81
Abb. 57:	Parzellen-Plan: Deckfrucht Winterweizen.....	82
Abb. 58:	Winterweizen-Kornerträge Frischmasse Block 5 – 8 (Juli 2002)	83
Abb. 59:	Weizen-Stängel- und Stoppel Frischmasse, Block 5 – 8 (Juli 2002).....	83
Abb. 60:	Untersaat-Aufwuchs Frischmasse unter Winterweizen (Juli 2002).....	83
Abb. 61:	Untersaat- und Zwischenfrucht-Aufwuchs Frischmasse [kg/ha] im Bereich Deckfrucht Winterweizen, September 2002	86
Abb. 62:	Untersaat- und Zwischenfrucht-Aufwuchs, Trockenmasse [kg/ha] im Bereich Deckfrucht Winterweizen, September 2002	86
Abb. 63 :	Beikraut-Frischmasse [kg/ha] im Bereich Deckfrucht Winterweizen (Sept. 2002) .	88

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Arbeitstermine am Feld	35
Tab. 2 :	Saatmengen-Übersicht	37
Tab. 3:	Betriebe arbeiten ohne Untersaaten	46
Tab. 4:	Betriebe arbeiten nicht mehr mit Untersaaten.....	46
Tab. 5:	Betriebe arbeiten mit Untersaaten.....	47
Tab. 6:	Mittelwerte der Bodenwasser-Messungen mittels FDR-Sonde (Bodentiefe: 10 cm – 22 cm)	50
Tab. 7:	N _{min} – Werte in kg/ha aus den Parzellen Wundklee, Steinklee und Luzerne (Bereich Winterroggen, Bodentiefe 0 – 90 cm, 12. März 2002)	54
Tab. 8:	N _{min} – Werte [kg/ha] aus Gras-Parzellen, Zwischenfrucht- und Null-Parzellen, (Bereich Winterroggen, Bodentiefe 0 - 90 cm, 12. März 2002)	54
Tab. 9:	N _{min} – Werte [kg/ha] aus Wundklee-, Steinklee- und Luzerne-Parzellen, (Bereich Winterroggen, Bodentiefe 0 – 90 cm, September 2002)	55
Tab. 10:	N _{min} – Werte [kg/ha] aus Untersaat-, Zwischenfrucht- und Null-Parzellen, (Bereich Winterroggen, Bodentiefe 0 – 90 cm, September 2002)	55
Tab. 11:	Veränderungen der N _{min} -Werte von Bodenproben aus den Versuchspartellen in % (März → September).....	56
Tab. 12:	Bonitur-Termin 13./14.05.2002, Untersaat unter Winterroggen	57
Tab. 13:	Bonitur-Termin 13./14.05.2002, Untersaat unter Winterweizen.....	57
Tab. 14:	Bonitur-Termin 24.06.2002, Untersaat unter Winterroggen.....	58
Tab. 15:	Bonitur-Termin 24.06.2002, Untersaat unter Winterweizen.....	58
Tab. 16:	Bonitur-Termin 23.07.2002 Untersaat unter Winterroggen.....	59
Tab. 17:	Bonitur-Termin 23.07.2002, Untersaat unter Winterweizen.....	59
Tab. 18:	Bonitur-Termin 19/20.08.2002 Untersaat unter Winterroggen.....	60
Tab. 19:	Bonitur-Termin 19./20.08.2002 Untersaat unter Winterweizen.....	60
Tab. 20:	Bonitur-Termin 17.09.2002 Untersaat unter Winterroggen	61
Tab. 21 :	Bonitur-Termin 17.09.2002 Untersaat unter Winterweizen	61
Tab. 22:	Frischmasse-Mittelwerte aus 4 Wiederholungen und Standardabweichungen der Deckfrucht Winterroggen.....	67
Tab. 23:	Trockenmasse-Mittelwerte aus 4 Wiederholungen und Standardabweichungen der Deckfrucht Winterroggen.....	68
Tab. 24:	Untersaat-Frischmassen [kg/ha] unter der Deckfrucht Winterroggen	69
Tab. 25:	Untersaat-Trockenmassen [kg/ha] unter der Deckfrucht Winterroggen	69
Tab. 26:	Mittelwerte und Standardabweichung der Untersaat- und Zwischenfrucht- Frischmassen (Deckfrucht Winterroggen, September 2002)	70
Tab. 27:	Mittelwerte und Standardabweichung der Untersaat- und Zwischenfrucht- Trockenmassen (Deckfrucht Winterroggen, September 2002)	70

Tab. 28:	Mittelwerte und Standardabweichung der Wurzel-Trockenmassen in 0 – 30 cm und 30 – 60 cm Tiefe [kg/ha]	71
Tab. 29:	Beikraut-Aufwuchs Frischmasse [kg/ha] (Deckfrucht Winterroggen, Juli 2002).....	72
Tab. 30:	Beikraut-Aufwuchs Frischmasse [kg/ha] (Deckfrucht Winterroggen, Sept. 2002) ..	73
Tab. 31:	N-Ertrag [kg/ha] und N-Gehalt [%] der Winterroggen-Deckfrucht (Körner, Stängel und Stoppel, Juli 2002).....	74
Tab. 32:	N-Ertrag [kg/ha] und N-Gehalt [%] der trockenen Grünmasse von Untersaat-Varianten und der Zwischenfrucht (Probenahme September 2002)	75
Tab. 33:	Stickstoffgehalt [%] und Stickstoffertrag [kg/ha] der Wurzelmassen aus den Untersaat- und Zwischenfrucht-Parzellen im Bereich Winterroggen, Sept. 2002 ...	76
Tab. 34:	Stickstoffertrag der gesamten Biomasse (Untersaaten und Zwischenfrucht)	78
Tab. 35:	Bodenbürtiger Stickstoff im Aufwuchs von Untersaaten und Zwischenfrucht	79
Tab. 36:	Schätzung der biologischen Stickstoff-Fixierung	79
Tab. 37:	Stickstoff-Flächenbilanz [kg/ha]	80
Tab. 38:	Frisch- und Trockenmasse des Kornertrages Winterweizen, geordnet nach Untersaat-, Zwischenfrucht- und 0-Parzelle, (Juli 2002)	84
Tab. 39:	Winterweizen - Stängel- und Stoppel - Frischmasse geordnet nach Untersaat-, Zwischenfrucht- und 0-Parzelle (Juli 2002).....	84
Tab. 40:	Untersaat-Erträge (Mittelwerte und Standardabweichungen von je 2 Wiederholungen), [kg/ha], unter Deckfrucht Winterweizen (Juli 2002)	85
Tab. 41:	Mittelwerte [kg/ha] und Standardabweichung der Untersaat- und Zwischenfrucht Frischmassen (Bereiche Deckfrucht Winterweizen, September 2002).....	85
Tab. 42:	Mittelwerte [kg/ha] und Standardabweichung der Untersaat- und Zwischenfrucht-Trockenmassen (Bereiche Deckfrucht Winterweizen, September 2002)	86
Tab. 43:	Beikraut Frischmasse [kg/ha] unter Winterweizen	87
Tab. 44:	Beikraut-Frischmasse pro Untersaat-Variante [kg/ha] im Bereich der Deckfrucht Winterweizen (September 2002)	87
Tab. 45:	Frischmasse von Winterroggen und Beikraut relativ zur Nullparzelle [%] sowie Frischmasse der Untersaat [kg/ha]	92
Tab. 46:	Stickstoffertrag und Stickstoffgehalt der Winterroggen-Trockenmasse relativ zur Nullparzelle [%]	94
Tab. 47:	Frischmasse von Winterweizen und Beikraut relativ zur Nullparzelle [%] sowie Frischmasse der Untersaat [kg/ha]	97