

**Einfluss einer Biogasgärrestdüngung auf  
Ertrag und ausgewählte Qualitätskriterien  
bei Weizen im Biolandbau**

**DIPLOMARBEIT**

Eingereicht von  
**Christoph Kadrnoschka**

Wien, im Februar 2012

Betreuung:  
Universität für Bodenkultur: Ao. Univ. Prof. DI Dr. Peter Liebhard

## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen Menschen bedanken, die mir bei der Erstellung dieser Diplomarbeit geholfen haben und mich mental dabei unterstützt haben, mein Studium abzuschließen.

Besonderer Dank gilt Herrn Ao. Univ. Prof. DI Dr. Peter LIEBHARD, der die Betreuung meiner Diplomarbeit übernahm und sich geduldig und freundlich mit mir und meiner Arbeit auseinandersetzte.

Weiters bedanke ich mich bei den Mitarbeitern der Versuchswirtschaft Großenzersdorf für die Analyse meiner Bodenproben.

Ein großer Dank gilt meinen Eltern Herta und Karl, die mich stets förderten und bei meinen Entscheidungen nie einschränkten. Darüber hinaus unterstützten sie mich immer dabei, das Richtige zu tun.

Meiner Freundin Susanne danke ich besonders für ihr Verständnis und ihre geduldige Unterstützung in den vergangenen Wochen.

Zuletzt möchte ich mich bei meinem Großvater Franz und bei meinem Onkel Herbert bedanken. Beide trugen wesentlich dazu bei, dass mein Leben von der „Faszination Landwirtschaft“ geprägt ist.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. EINLEITUNG, PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG .....</b>	<b>1</b>
1.1. EINLEITUNG.....	1
1.2. PROBLEMSTELLUNG.....	1
1.3. ZIELSETZUNG .....	2
<b>2. AUSGEWÄHLTE LITERATURÜBERSICHT .....</b>	<b>3</b>
2.1. ABSTAMMUNG, BEDEUTUNG UND BOTANISCHE BESONDERHEITEN BEI WEIZEN .....	3
2.1.1. <i>Abstammung</i> .....	3
2.1.2. <i>Weltweite Bedeutung des Weizens</i> .....	3
2.1.3. <i>Botanische Besonderheiten bei Weizen</i> .....	4
2.1.4. <i>Standortansprüche des Weizens</i> .....	7
2.1.4.1. Klima .....	7
2.1.4.2. Boden.....	7
2.1.5. <i>Fruchtfolge</i> .....	8
2.1.6. <i>Ausgewählte Qualitätsmerkmale</i> .....	8
2.2. BIOLANDBAU .....	9
2.2.1. <i>Entstehung</i> .....	9
2.2.2. <i>Die Bedeutung des Weizens als Brotgetreide</i> .....	12
2.2.3. <i>„Biologischer Landbau“ – Definition</i> .....	12
2.3. DIE WEIZENPRODUKTION IM BIOLANDBAU .....	13
2.3.1. <i>Standortansprüche und Stellung in der Fruchtfolge</i> .....	13
2.3.2. <i>Sortenwahl im Biolandbau</i> .....	14
2.3.3. <i>Bodenbearbeitung und Aussaat</i> .....	15
2.3.4. <i>Ertragsbildung</i> .....	16
2.4. GÄRREST (AUS BIOGASPRODUKTION) .....	17
2.4.1. <i>Allgemeine Definition</i> .....	17
2.4.2. <i>Rechtliche Grundlagen in der Ausbringung von N-Düngern</i> .....	18
2.5. EINSATZ VON FLÜSSIGEM GÄRREST IM WINTERWEIZEN .....	20
<b>3. MATERIAL UND METHODEN .....</b>	<b>22</b>
3.1. STANDORT .....	22
3.1.1. <i>Großraum und Klima</i> .....	22
3.1.2. <i>Boden und Witterung</i> .....	23
3.2. VERSUCHSANLAGE .....	24
3.2.1. <i>Versuchsdurchführung</i> .....	25

3.3.	DATENERFASSUNG .....	26
3.3.1.	<i>Witterungsverlauf im Versuchsjahr</i> .....	26
3.3.2.	<i>N<sub>min</sub>-Beprobung</i> .....	28
3.3.3.	<i>Gärrestanalysen</i> .....	29
3.3.4.	<i>Ährentragende Halme pro Quadratmeter und Kornzahl pro Ähre</i> .....	32
3.3.5.	<i>Kornertrag</i> .....	32
3.3.6.	<i>Strohertrag</i> .....	32
3.3.7.	<i>Ausgewählte Qualitätskriterien</i> .....	32
3.4.	STATISTISCHE VERRECHNUNG DER DATEN .....	35
<b>4.</b>	<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>36</b>
4.1.	N <sub>MIN</sub> -GEHALTSWERTE .....	36
4.2.	WACHSTUMS- UND ENTWICKLUNGSVERLAUF .....	39
4.3.	ÄHRENTRAGENDE HALME PRO QUADRATMETER .....	40
4.4.	KORNZAHL PRO ÄHRE .....	41
4.5.	KORNERTRAG .....	42
4.6.	STROHERTRAG .....	45
4.7.	AUSGEWÄHLTE QUALITÄTSKRITERIEN .....	45
4.7.1.	<i>Hektolitergewicht</i> .....	46
4.7.2.	<i>Tausendkorngewicht</i> .....	49
4.7.3.	<i>Rohprotein</i> .....	51
4.8.	STATISTISCHE VERRECHNUNG ALLER VARIANTEN .....	54
<b>5.</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>58</b>
5.1.	BIOLANDBAU – GÄRREST AUS LANDWIRTSCHAFTLICHEN BIOGASANLAGEN .....	58
5.2.	EINFLUSS EINER UNTERSCHIEDLICHEN VORFRUCHT UND EINER BIOGASGÜLLEDÜNGUNG AUF DEN KORNERTRAG BEI WINTERWEIZEN .....	59
5.3.	AUSGEWÄHLTE QUALITÄTSPARAMETER BEI WINTERWEIZEN NACH UNTERSCHIEDLICHER VORFRUCHT UND GÄRRESTDÜNGUNG .....	61
<b>6.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>63</b>
<b>7.</b>	<b>SUMMARY .....</b>	<b>65</b>
<b>8.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>67</b>
8.1.	LITERATURQUELLEN .....	67
8.2.	INTERNETQUELLEN .....	70
<b>9.</b>	<b>ABBILDUNGS-, TABELLEN- UND FOTOVERZEICHNIS .....</b>	<b>71</b>
9.1.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	71

9.2.	TABELLENVERZEICHNIS.....	72
9.3.	FOTOVERZEICHNIS.....	73

# **1. Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung**

## **1.1. Einleitung**

Durch das steigende Angebot an Biogetreide in Österreich, aber auch weltweit, werden an die Qualität immer höhere Anforderungen gestellt. In den fünfziger Jahren waren spezielle Qualitätskriterien von geringer Bedeutung, da das Getreideangebot gering war. Um das Jahr 2000 gab es im Osten Österreichs eine große Umstellungsphase von Ackerbaubetrieben. Dies hatte zur Folge, dass ab diesem Zeitpunkt hohe Mengen an Biogetreide angeboten wurden. Die Preise für Biogetreide verminderten sich. Aufgrund einer geringen Ernte 2007 gab es in Österreich, aber auch weltweit, eine Wende. Durch die Spekulationsgeschäfte an den Börsen verstärkt, stiegen die Preise der landwirtschaftlichen Produkte wieder an. Gleichzeitig wurden aber auch die Energiepreise erhöht, sowie die Kosten der Betriebsmittel. Die biologisch geführte Landwirtschaft leistet einen wesentlichen Beitrag zum Erhalt der Kulturlandschaft, zur Sicherung einer gesunden Nahrung und zur Erhaltung einer vielfältigen Biodiversität.

Aus diesen Gründen ist es wichtig, dass Biobetriebe durch gezielte Düngung die Fruchtbarkeit ihrer Böden und die Ertragsicherheit erhalten beziehungsweise verbessern und die zur Verfügung stehenden Möglichkeiten effektiv nutzen. Besonders für viehlose Betriebe mit größerer Flächenausstattung ist dies eine immense Herausforderung. Gärreste, ein Abfallprodukt aus Biogasanlagen, bieten eine Option. Einerseits können vor allem die viehlosen Betriebe im Osten Österreichs ihre Futterleguminosen wie Klee, Kleegras und Luzerne über die Biogasanlage verwerten und andererseits kann die anfallende Gülle gezielt ausgebracht werden. Dadurch wird der Pflanze organischer Dünger stickstoffzeitgemäß zugeführt.

## **1.2. Problemstellung**

Gleich wie im konventionellen Landbau ist auch im biologischen Landbau der Weizen in vielen Ackerbaubetrieben die gewinnbringendste Getreideart, sofern der Ertrag, aber vor allem die geforderten Qualitätskriterien erreicht werden. Der Preisunterschied von Futterweizen zum Qualitätsweizen betrug laut Abrechnung der Agentur für Biogetreide im Erntejahr 2007 68 Euro pro Tonne. Dies ergibt bei einer Erntemenge von 3.500 kg 238 Euro pro Hektar.

Stickstoff ist der Nährstoff, der die Faktoren Ertrag und Qualität, neben der Witterung, am meisten beeinflusst. Steht nur der Stickstoff aus der Fruchtfolge durch Mineralisierung zur Verfügung, der durch die Leguminosen bzw. Ernterückstände im Boden gebunden wurde, ist dies oft nicht ausreichend. Denn die N-Mobilisierung ist fast ausschließlich vom Verlauf der Witterung abhängig. Das Nährstoffangebot aus Boden und Vorfrucht kann von der Hauptfrucht oft nicht optimal genutzt werden. Dies kann zu Ertrags- und Qualitätsverlusten und auch zu Auswaschungsverlusten, die das Grundwasser belasten, führen. Die Bereitstellung von Dünger-Stickstoff stellt auf Standorten mit langen Trockenperioden die größten Probleme dar. Aufgrund der negativen Klimaveränderung treten Trockenperioden derzeit häufiger auf als früher.

### **1.3. Zielsetzung**

Die Gärreste aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen müssen zeitgemäß ausgebracht werden. Die Verfügbarkeit des Stickstoffes im Boden kann optimiert werden. Dies gestaltet sich mit mineralischen N-Düngern leichter, da sie leicht löslich sind und daher eine relativ genaue Ertrags- und Qualitätsdüngung durchgeführt werden kann. Bei speziellen Kenntnissen kann auch die Gülle mit hoher Effizienz eingesetzt werden.

Mit Hilfe von Bodenanalysen und den Ergebnissen von Feldversuchen sollen durch eine Biogas-Gülpätdüngung sowohl der Ertrag erhöht, als auch ausgewählte Qualitätskriterien bei Winterweizen verbessert werden.

## 2. Ausgewählte Literaturübersicht

### 2.1. *Abstammung, Bedeutung und botanische Besonderheiten bei Weizen*

#### 2.1.1. Abstammung

Entwicklungsgeschichtlich werden drei Weizenartenreihen unterschieden. Der gemeine Brotweizen oder Weichweizen (*Triticum aestivum*) geht aus ihnen hervor.

Die Einkornreihe ( $2n=14$ ) fand ihre Verbreitung in Kleinasien und Griechenland. Formen von Weizengräsern finden sich noch heute dort.

Die bespelzte Kulturform, der sogenannte Einkorn, besitzt einen deutlich verbesserten Mehlkörper und ist vermutlich eine sekundäre Kulturpflanze.

Die Zweikorn oder Emmerreihe findet ihr primäres Genzentrum wahrscheinlich in Vorderasien. Die urtümlichste Kulturform in dieser allotetraploiden Reihe ist der bespelzte Emmer, der die größte Verbreitung in Ägypten als Brotgetreide fand. Durch Genmutation entstand aus dem Emmer (*Triticum dicoccum*) die nackte Kulturform Hartweizen (*Triticum durum*).

Die Dinkelreihe ist ebenso durch eine spontane Kreuzung des Emmers beziehungsweise seiner Wildform mit dem **Wildgras *Aegilops squarrosa*** und anschließender **Amphidiploidisierung** (Summierung von Chromosomensätzen durch Verschmelzung von Gameten verschiedener Arten) des sterilen Artbastards entstanden. Auch die Ausgangsarten des heutigen Weichweizens sind daraus durch einfache Genmutation entstanden (VOLLMER et al. 1986).

#### 2.1.2. Weltweite Bedeutung des Weizens

Der Weizen ist mit einem Anbauumfang von 32 Prozent der Gesamtgetreidefläche (ausgenommen Reis) und einer Erntemenge von 30 Prozent der Gesamtgetreideproduktion die wichtigste Getreideart ([www.lfl.bayern.de](http://www.lfl.bayern.de), abgerufen am 2. Februar 2012).

In den gemäßigten Produktionsgebieten jedoch überwiegt die Winterform (ca. 90 Prozent), da sie ertragreicher und ertragsicherer ist (STÖPPLER 1989).

Laut Grünem Bericht 2011 betrug die Weltgetreideproduktion im Jahr 2010 2,2 Milliarden Tonnen, wobei 644 Milliarden Tonnen auf Weizen entfielen. In den EU-Ländern wurden 2010 128 Millionen Tonnen Weizen erzeugt. Allein in Deutschland und Frankreich wuchs knapp die Hälfte davon.

Österreich produzierte 2010 1,5 Millionen Tonnen Weizen. Die Flächenaufteilung (in Hektar) in Österreich sah wie folgt aus:

**Tab. 1: Konventionelle und biologische Weizenanbaufläche in Österreich, Produktionsjahr 2010 (Grüner Bericht 2011)**

<b>Getreideart</b>	<b>gesamt</b>	<b>konventionell</b>	<b>biologisch</b>
Brotgetreide	351.543	299.263	52.280
Winterweichweizen	272.175	245.215	26.960
Sommerweichweizen	4.091	2.565	1.526
Durumweizen	17.503	17.248	255
Dinkel	9.082	1.104	7.978

Das in Österreich biologisch bewirtschaftete Ackerland betrug 189.056 Hektar (Grüner Bericht 2011).

### **2.1.3. Botanische Besonderheiten bei Weizen**

Der Weizen gehört zur Familie der Gräser. Das Weizenkorn ist eine Karyopse (Grasfrucht) und das Korn des gemeinen Weizens fällt beim Drusch ohne Spelzen an (VOLLMER et al. 1986).

Die Getreidearten durchlaufen in ihrer Entwicklung alle die gleichen morphologischen Entwicklungsstadien. Diese Wachstums- und Entwicklungsstadien werden in der international gültigen Eucarpia-Skala übersichtlich beschrieben.

Der Begriff EUCARPIA (European Association for Research on Plant Breeding) steht für die Europäische Gesellschaft für Züchtungsforschung und wurde im Jahre 1956 im niederländischen Wageningen gegründet. Es handelt sich dabei um eine Non-Profit-Organisation, deren Mitglieder aus ganz Europa kommen (sowohl EU- als auch Nicht-EU-Länder). Die Fachleute haben sich in elf Arbeitsgruppen, auch als Sektionen bezeichnet,

aufgeteilt und beschäftigten sich jeweils mit einzelnen Pflanzenarten beziehungsweise Pflanzengruppen. Der Weizen ist in der Gruppe „Cereals“ (wird von Andreas BÖRNER bearbeitet). Die Eucarpia-Gruppe hat die Entwicklungsstadien der Pflanzen beziffert und die allgemein gültige EC-Skala erstellt (<http://www.eucarpia.org>, abgerufen am 3. Jänner 2012).

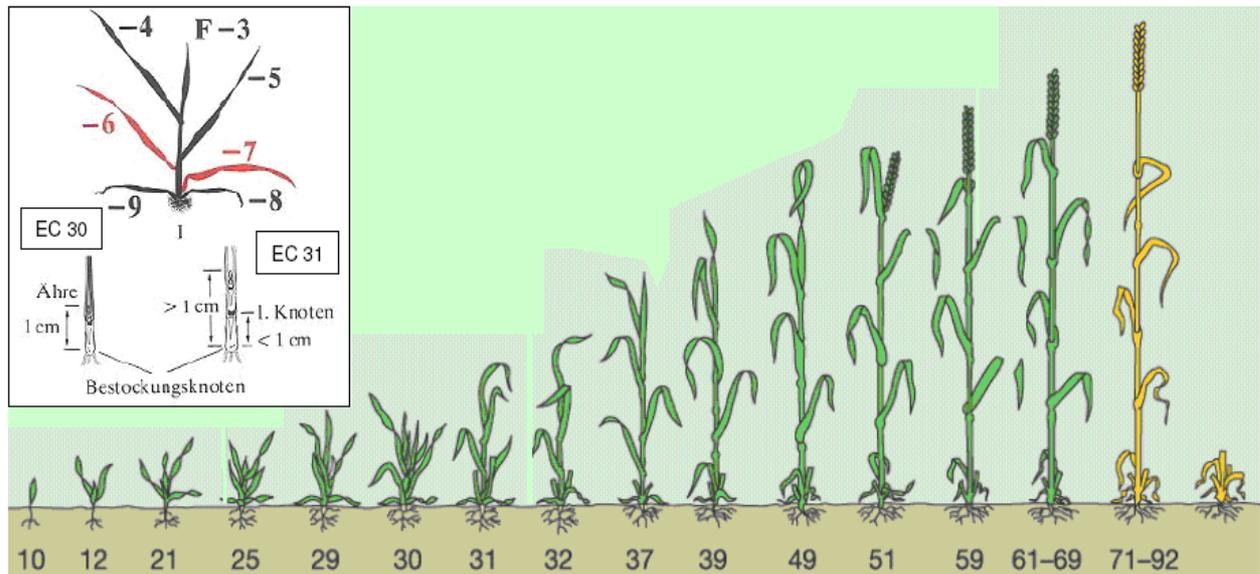


Abb. 1: Entwicklungsstadien der Getreidearten (<http://www.landwirtschaftskammer.de>, abgerufen am 3. Jänner 2012)

Tab. 2: Eucarpia-Skala (<http://www.landwirtschaftskammer.de>, abgerufen am 3. Jänner 2012)

Code	EC Stadium	Beschreibung	Bemerkung
<b>0 Keimung</b>	0 - 9	Keimung bis Auflaufen	
<b>1 Blattentwicklung</b>	10	Blatt spitzen	Blattspitzen des nächsten Blattes jeweils sichtbar
	11	1. Blatt entfaltet	
	12 – 19	2. Laubblatt entfaltet usw.	
<b>2 Bestockung</b>	21	1. Bestockungstrieb sichtbar	Bestockung kann ab Stadium 13 erfolgen
	22	2. Bestockungstrieb sichtbar	
	23	3. Bestockungstrieb sichtbar usw.	
<b>3 Schossen (Haupttrieb)</b>	30	Haupttriebe beginnen sich zu strecken	Ähre min. 1 cm vom Bestockungsknoten entfernt 1.Knoten min. 1 cm vom Bestockungsknoten entfernt 2. Knoten min. 2 cm vom 1. Knoten entfernt letztes Blatt noch eingerollt Blatthütchen sichtbar
	31	1-Knoten-Stadium	
	32 – 34	2-Knoten-Stadium usw.	
	37	Erscheinen des letzten Blattes (Fahnenblatt)	
	39	Fahnenblatt voll entwickelt	
<b>4 Ährenscheiden</b>	45	Blattscheide geschwollen	
	49	Grannenspitzen	
<b>5 Ährenschieben</b>	51	Beginn Ährenschieben	Ähren vollständig sichtbar
	55	Mitte Ährenschieben	
	59	Ende Ährenschieben	
<b>6 Blüte</b>	61	Beginn der Blüte	
	65	Mitte der Blüte	
	69	Ende der Blüte	
<b>7 Fruchtbildung</b>	71	Beginn Kornbildung	Korninhalt wässrig Korninhalt milchig
	75	Mitte Milchreife	
<b>8 Reife</b>	85	Teigreife	Korninhalt weich und trocken Fingernageleindruck bleibt Korn hart; kaum zu brechen
	87	Gelbreife	
	89	Vollreife	
<b>9 Absterben</b>	92	Totreife	Körner nicht mehr zu brechen Halme brechen zusammen Erntegut
	97	Pflanzen abgestorben	
	99		

## **2.1.4. Standortansprüche des Weizens**

### **2.1.4.1. Klima**

Winterweizen stellt neben Durum unter den Getreidearten die höchsten Ansprüche an Klima und Boden. Die minimalen Keimtemperaturen liegen bei drei bis vier Grad Celsius (optimal 15 bis 25 Grad Celsius). Winterweizen hat eine Kältefestigkeit ohne Schutz (Schneedecke) bis minus 20 Grad Celsius. Der Wärmebedarf von Winterweizen liegt je nach Sorte zwischen 1900° und 2500° Temperatursumme (Anzahl Tage mal Ta gesamt der Temperatur in Grad C°) vom ersten Blatt bis zur Reife (STÖPPLER 1989). Für den Winterweizen ist es besonders wichtig, dass zum richtigen Zeitpunkt genügend Wasser zur Verfügung steht. Er kann die Winterfeuchte nicht so gut nutzen wie Winterroggen oder Wintergerste. Winterweizen ist auf ausreichende Niederschläge während des Schossens bis zur Blüte angewiesen.

Der Weizen ist jene Getreideart, die am unempfindlichsten auf zuviel Nässe im Frühjahr reagiert. Es ist besonders wichtig, dass es vom Zeitpunkt der Kornfüllungsphase bis hin zur Abreife nicht zu viel regnet, denn dies führt zu Lagerung und erhöhtem Krankheitsdruck und wirkt sich somit schlecht auf die Qualität aus (stark sortenabhängig). Der Weizen ist eine Getreideart des überwiegend wintermilden, sommerwarmen und strahlungsintensiven Klimas (VOLLMER et al. 1986).

### **2.1.4.2. Boden**

Weizen verlangt einen ausgeglichenen Wasser- und Lufthaushalt, um hohe Erträge zu erbringen. Wesentlichen Einfluss hat dabei die nutzbare Feldkapazität des Bodens (VOLLMER et al. 1986).

Weizen bringt auf tiefgründigen, nährstoffreichen Böden mit günstiger Wasserführung die besten Erträge. Er kann auch auf weniger geeigneten Böden angebaut werden. Durch gute Humuswirtschaft, optimale Bodenbearbeitung, Düngung und Pflanzenschutz können die Defizite der Bodengüte zum Teil wettgemacht werden. (STÖPPLER 1989).

### **2.1.5. Fruchtfolge**

Winterweizen ist sehr empfindlich gegenüber Fußkrankheiten. Daher sind Weizen-Monofruchtfolgen sowie Gerste als Vorfrucht ungeeignet. Wiederholter Weizenanbau verschlechtert die Bodenstruktur, senkt die Versorgung mit organischer Substanz (vor allem bei Strohabfuhr) und fördert Ungräser (FREYER 2003). Unter den Getreidearten stellt Hafer die beste Vorfrucht dar, da er eher als Blattfrucht einzustufen ist. Die besten Vorfrüchte zu Weizen sind Feldfutter, Raps und Rüben vor Mais, Leguminosen und Kartoffeln (VOLLMER et al. 1986).

Als Vorfrucht ist der Weizen für fast alle Fruchtarten gut geeignet, nur der Gerstenanbau könnte aufgrund der angeführten Fußkrankheiten ein Problem darstellen.

### **2.1.6. Ausgewählte Qualitätsmerkmale**

Die äußere und innere Qualität des Weizens ist für die Absatzmöglichkeit von immenser Bedeutung. Zur äußeren Kornqualität zählen Kornform, Korngröße, Kornstruktur, Kornaschegehalt, Kornbesatz und Auswuchs. Die Korngröße hängt unmittelbar mit dem Kornaschegehalt zusammen. Je kleiner das Korn, desto höher der Anteil an aschereicher Schale und umso größer ist der Aschegehalt der Mehle. Dies wirkt sich wiederum negativ auf die Backqualität aus (VOLLMER et al. 1986).

Die Kornform sollte möglichst rund bis oval sein mit gut gefüllten Kornbacken und flacher Bauchfurchen. Der Korn- bzw. Schwarzbesatz beschreibt den Anteil an Fremdgetreide sowie an Schmach- und Bruchkorn. Die Kornstruktur ist in erster Linie sortenbedingt. Durch Auswuchs wird die Backqualität stark negativ beeinflusst, weil bereits Stärke abgebaut wurde. Die innere Kornqualität, die Backfähigkeit, wird bei der Getreideübernahme indirekt über den Rohproteingehalt und den Sedimentationswert ermittelt. Der Rohproteingehalt (Eiweißgehalt) unterliegt einer Schwankungsbreite von ca. 8 bis 19 Prozent. Der Gesamtstickstoff wird meist nach der Kjeldahl-Methode bestimmt. Die organische Substanz des Kerns wird durch Kochen mit konzentrierter Schwefelsäure in Wasser, Kohlendioxid und Ammoniak zerlegt. Bei Weizen wird der Eiweißgehalt durch Multiplizieren des Stickstoffes mit dem Faktor 5,7 errechnet. In der Praxis gebräuchlicher ist die Schnellbestimmung mittels Infrarotspektrometrie (NIT, NIRS) (OBERFORSTER und WERTEKER 1999).

Je höher der Kornertrag (sortenbedingt), desto schwieriger ist ein hoher Rohproteingehalt zu erreichen. Der Rohproteingehalt hängt im Wesentlichen von der N-Düngung ab und ist nur zu ca. drei Prozent sortenbedingt. Der Sedimentationswert (nach Zeleny) ist ein Maß zur Kontrolle der Eiweißqualität (Quellfähigkeit des Eiweißes), er wird aber auch von der Eiweißmenge und der Kornhärte beeinflusst. Der Sedimentationswert ist wesentlich stärker genetisch fixiert als der Eiweißgehalt (OBERFORSTER und WERTEKER 1999).

Die Fallzahl gibt Auskunft über den Schädigungsgrad der Stärke. Ermittelt wird die Fallzahl, indem man einen Prüfstempel in eine verkleisterte Suspension sinken lässt. Die Zeit zum Durchlaufen einer bestimmten Strecke wird in Sekunden gemessen und stellt die Fallzahl dar. Für Qualitätsweizen im Biolandbau ist eine Fallzahl von mindestens 220 erforderlich (ansonsten 250). Je mehr Auswuchs und je mehr Stärke abgebaut wurde, desto niedriger ist die Fallzahl (FREUND 2005).

## **2.2. Biolandbau**

### **2.2.1. Entstehung**

Durch den starken Strukturwandel in der Agrarwirtschaft, vorwiegend in den industrialisierten Ländern, kam es zu stark steigenden Erträgen, aber auch zu sehr hohen Aufwendungen und Überschussproduktion.

Viele Experten vertreten die Meinung, dass der intensive Einsatz von synthetischen Pflanzenschutzmitteln und Stickstoffdüngern negative Auswirkungen auf zB. Trinkwasser- und Lebensmittelqualität hat. Auch breite Kreise der Bevölkerung sehen wichtige Grundlagen unseres Lebens gefährdet (STÖPPLER 1989).

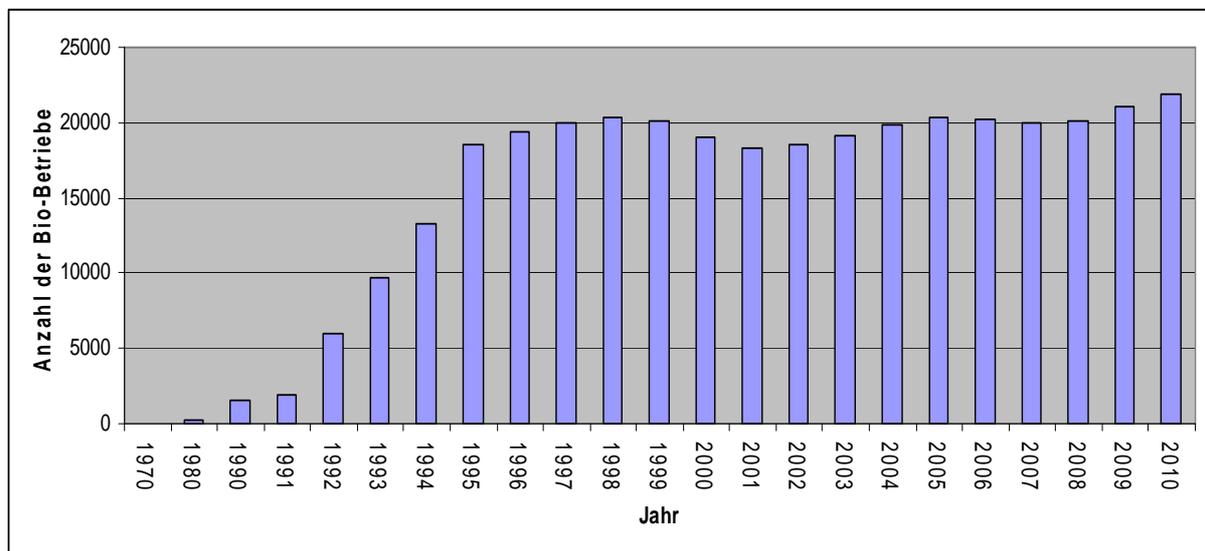
Der biologische Landbau wurde in Österreich wesentlich von Neueinsteigern in die Landwirtschaft beziehungsweise von Konsumenten initiiert und stellt keine rein produktionstechnische Neuerung dar. Reformierte Lebensformen vieler Personen waren Auslöser, den biologischen Landbau einzuführen (RIEGER 1991).

1970 gab es in Österreich nur 20 Biolandbaubetriebe, 1980 erhöhte sich die Zahl bereits um hundert Landwirte. Im Jahr 1990 gab es bereits ca. 1.200 Biobetriebe.

„In Österreich kam es 1980 durch die Offenheit des damaligen Landwirtschaftsministers Riegler zu einem grundsätzlichen Entwicklungssprung. Josef Riegler traf sich mit dem Vorstand des Verbandes im Mühlviertel, um die Frage einer möglichen Förderung des biologischen Landbaues mit tatsächlichen Betroffenen zu erörtern“ (PIRKLHUBER und GRÜNDLINGER 1993).

Gleichzeitig entstanden die auch derzeit noch agierenden Bioverbände. Förderprogramme wurden beschlossen und sollten den Biolandbau zu einer ökologisch sowie ökonomisch konkurrenzfähigen Wirtschaftsform führen.

Das folgende Diagramm stellt in übersichtlicher Form die steigende Entwicklung der Bio-Betriebe in Österreich in den Jahren 1970 bis 2010 dar (Grüner Bericht 2011):



**Abb. 2: Entwicklung der Anzahl der Bio-Betriebe in Österreich**

Die Vordenker für den Biolandbau waren Rudolf STEINER und Hans MÜLLER.

Dr. Rudolf STEINER, ein österreichischer Pionier, wurde 1861 in Kraljevec (Österreich-Ungarn) geboren. Die Auseinandersetzung mit Goethes Zeit (die geschichtliche Epoche des deutschen Idealismus) wurde für Steiner zum „Lebensthema“. Wichtige Prinzipien des biologischen Landbaus finden in diesem Idealismus, der sich vom rein mechanisch, materialistischen Verständnis der Welt abhob und soziale, historische und naturgeschichtliche Prozesse begrifflich fassen wollte, ihre Wurzeln (PIRKLHUBER und GRÜNDLINGER 1993).

Im weltweit bekannten „landwirtschaftlichen Kurs“, den Steiner 1924 in Koberwitz hielt, legte er die Grundzüge des biologisch-dynamischen Landbaues dar (HINGST und ORTNER 1995).

Hans MÜLLER wurde im Jahr 1891 in Gomerkinden, im Kanton Bern, in der Schweiz geboren. Durch den zunehmenden Einsatz von Mineraldüngern und Pflanzenschutzmitteln ab 1930 wurden die Landwirte immer mehr von Firmen abhängig und die Beständigkeit der Betriebe litt. Müller besuchte biologisch-dynamische Kurse in der Landwirtschaftsschule Hohenlehen. Er war der Meinung, dass diese Landbaumethode schwer zu verstehen war. Deshalb entwickelte er eine Wirtschaftsweise, die allgemein verständlich war. Besonders seine Frau Maria unterstützte ihn und brachte ihre praktischen Erkenntnisse und Erfahrungen in die „organisch-biologische Landwirtschaft“ mit ein (HINGST und ORTNER 1995).

1927 und 1935 gründeten zwei Kärntner Familien, die neu in die Agrarwirtschaft eingestiegen waren, die ersten biologisch-dynamisch geführten Betriebe in Österreich.

Nach mehreren Kontakten zwischen Hans MÜLLER und den Landwirten wurde 1962 in Oberösterreich der erste Hof auf organisch-biologische Wirtschaftsweise umgestellt. Ab diesem Zeitpunkt setzten sich mehrere Personen mit Biolandbau auseinander und so kam es 1969 zur Gründung des österreichischen Demeterbundes. Durch zahlreiche Bodenkurse und Kompostseminare erhielt die biologische Wirtschaftsweise ab 1981 einen zusätzlichen Impuls, Arbeitsgemeinschaften wurden gegründet. Das Dr. Ludwig-Boltzmann Institut für biologischen Landbau mit Ludwig MAURER begann eigene Forschungsarbeiten für den Biolandbau, an der Universität für Bodenkultur wurde auf Initiative der Studentenvertretung (Gerhard PLAKOLM) am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung ein Freifach mit dem Titel „Einführung in die ökologische Landwirtschaft“ eingeführt. Durch Erlässe des Bundesministeriums 1984 versuchte die Bundesregierung zum ersten Mal den Biolandbau zu reglementieren. Nach der Gründung mehrerer Vereine wurden im Jahr 1989 auch im Lebensmittelbuch Richtlinien für pflanzliche Produkte mit der Bezeichnung „biologisch“ festgelegt (PIRKLHUBER und GRÜNDLINGER 1993).

### 2.2.2. Die Bedeutung des Weizens als Brotgetreide

Durch das steigende Einkommen der Bevölkerung ist es in den industrialisierten Ländern seit 1980 für eine breite Gruppe an Konsumenten immer wichtiger, was sie auf ihren Tisch bekommen. Diesen Personen ist es wichtig, rückstandsfreie Nahrung bereitgestellt zu bekommen, wobei die Herkunft und die Art der Erzeugung entscheidend sind. Bioprodukte werden immer stärker nachgefragt. Andererseits animiert der österreichische Staat durch die Bioprämie Landwirte, auf die biologische Wirtschaftsweise umzustellen. So kam es, dass von 1994 an die Anzahl der Betriebe von ca. 13.300 auf 21.900 im Jahr 2010 anstieg (Grüner Bericht 2011). Somit liegt der Anteil der Bio-Betriebe an den gesamten österreichischen Landwirtschaftsbetrieben bereits bei 16,2 Prozent. Diese bewirtschaften 19,5 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche (Grüner Bericht 2011).

Die biologisch geführten landwirtschaftlichen Betriebe sind für den vor- und nachgelagerten Sektor von hoher wirtschaftlicher Bedeutung.

### 2.2.3. „Biologischer Landbau“ – Definition

Der Bioverband Bio Austria, mit ca. 14.000 Landwirten in Österreich, definiert den biologischen Landbau in seinen Statuten folgendermaßen:

*„Der biologische Landbau ist jene Form der Landwirtschaft, die auf Grund ihrer ökologischen und ökonomischen Ausrichtung dem öffentlichen Interesse an einer umweltgerechten, multifunktionalen Landbewirtschaftung und damit einer nachhaltigen Landentwicklung bestmöglich entgegenkommt. Die Biobauern wollen gemeinsam mit den Konsumenten unter Einbindung der Verarbeiter und Vermarkter eine Wertegemeinschaft bilden, mit dem Ziel der Versorgung der Bevölkerung mit biologischen, gentechnikfreien, unverfälschten Lebensmitteln, dem Schutz natürlicher Lebensgrundlagen und der Erhaltung der bäuerlichen Landwirtschaft.“* (<http://www.bio-austria.at>, abgerufen am 10. Jänner 2012)

Der größte deutsche Bioverband mit mehr als 5.000 Mitgliedern definiert die ökologische Landwirtschaft inhaltlich in ähnlicher Weise:

*„Die ökologische Landwirtschaft sieht ihre Aufgaben in der Pflege der natürlichen Lebensgrundlagen, der Erzeugung von Lebensmitteln mit hohem gesundheitlichem Wert,*

*einem aktiven Natur- und Artenschutz, dem Vermeiden von Umweltbelastungen, in einem Beitrag zur Lösung weltweiter Rohstoff- und Energieprobleme und in der Schaffung einer Grundlage für die Erhaltung und Entwicklung freier bäuerlicher Strukturen“* (<http://www.bioland.de>, abgerufen am 10. Jänner 2012).

Unter biologischer Landwirtschaft werden Landbewirtschaftungsformen zusammengefasst, die in Österreich anfangs auf bäuerliche Initiative hin durch die Ernte-, Demeter- und andere Verbandsrichtlinien geregelt und seit 1983 durch den österreichischen Lebensmittelkodex bzw. seit 1. Jänner 2009 durch die EU-Verordnung 834/2007 gesetzlich definiert sind und folgende gemeinsame Hauptmerkmale besitzen: Optimierung der Nutzung des betriebseigenen Stoffkreislaufes (unter anderem über Feldfutter- bzw. Leguminosenanbau und Einsatz von hofeigenen Wirtschaftsdüngern), Nutzung natürlicher Regelmechanismen (zum Beispiel im vorbeugenden Pflanzenschutz, vielfältige Agrarlandschafts- und Fruchtfolgegestaltung) unter klar geregelterm weitestgehendem Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel und leicht löslichen Mineraldüngern, Verwendung von Pflegemitteln natürlichen Ursprungs für Boden, Pflanzen und Tier, sowie artgerechte Tierhaltung“ (HERRMANN und PLAKOLM 1991).

## **2.3. Die Weizenproduktion im Biolandbau**

### **2.3.1. Standortansprüche und Stellung in der Fruchtfolge**

Der Einfluss des Bodens auf den Ertrag ist im Biolandbau besonders groß, da die Stickstoffversorgung neben den Leguminosen großteils über den Boden erfolgt. Dies zeigte sich bei Untersuchungen in Deutschland, in den Jahren 1985 bis 1987. 20 Weizensorten wurden auf Standorten mit Ackerzahlen von 35 bis 93 beurteilt. Die erzielten Kornerträge von 22 bis 71 dt/ha standen in direktem Zusammenhang mit der Bodengüte. Die Untersuchungen ergaben, dass Strukturschäden und starke Verunkrautung zu hohen Ausfällen führen, auch auf Standorten mit hoher Bodenpunktzahl (STÖPPLER 1989).

Gleichermaßen großen Einfluss wie die vorgegebene Bodengüte hat die Fruchtfolge. In konventionellen Betrieben steht der Weizen oft jedes zweite Jahr in der Fruchtfolge. Dies ist im Biolandbau nicht möglich. Abhängig von der Fruchtfolge nimmt der Humusgehalt des Bodens zu oder ab. Durch einen höheren Humusgehalt steigt die nutzbare Feldkapazität, sowie die Nährstoffspeicherkeit und Nährstoffverfügbarkeit im Boden. Durch eine Blattfruchtfolge erfolgt ein positiver Einfluss auf die Humusbilanz. Der Verkauf von Stroh soll,

besonders auf reinen Ackerbaubetrieben, vermieden werden. Durch den Anbau von Leguminosen vor Weizen kann der Stickstoffbedarf weitgehend gesichert werden (besonders Klee, Klee gras oder Luzerne). Winterweizen benötigt im Herbst nur geringe Stickstoffangebotsmengen, daher kann es zu hohen Stickstoffauswaschungsverlusten über den Winter kommen. Als Vorfrucht eignet sich Weizen für alle Kulturpflanzen - außer für Gerste (Fußkrankheiten) - gut. Zwischenfrüchte sind im Biolandbau von großer Bedeutung. Spezielle Arten verbessern die Bodenstruktur, den Wasserhaushalt, die Humusbilanz und vermindern Nährstoffauswaschungen (FREYER 2003).

### **2.3.2. Sortenwahl im Biolandbau**

Der Sortenwahl kommt im Biolandbau eine besondere Bedeutung zu. Es eignen sich Sorten, die auch Höchstertträge bringen, aber durch rasche Jugendwüchsigkeit und Langstrohigkeit das Unkraut effizienter unterdrücken. Ebenso sind hohe Backqualität, Frühreife und geringe Anfälligkeit gegenüber Verpilzung wichtige Entscheidungsmerkmale (STÖPPLER 1989). Seit Ausweitung der Getreideanbaufläche im Biolandbau befassen sich auch Züchter und Bundesprüfanstalten verstärkt damit, geeignete Sorten zu finden.

Die österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit hat anhand einer Versuchsreihe die markantesten Eigenschaften der wichtigsten Winterweizen-Sorten in den Jahren 2004 bis 2010 miteinander verglichen. Bei diesen Eigenschaften handelt es sich um Kornertrag, Hektolitergewicht, Rohproteingehalt und Fallzahl.

**Tab. 3: Eigenschaften Winterweizen (Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit 2011)**

Sorte (Backqualitätsgruppe)	Kornertrag, Rel. %		Hektolitergewicht, kg		Rohprotein, %		Fallzahl, s	
	Trocken- gebiet	Feucht- gebiet	Trocken- gebiet	Feucht- gebiet	Trocken- gebiet	Feucht- gebiet	Trocken- gebiet	Feucht- gebiet
Antonius (8)	104	108	81,9	81,9	13,6	12,6	302	220
Exklusiv (9)	95	94	79,6	80,2	13,6	12,9	376	345
Erla Kolben (9)	88	89	80,6	80,7	13,5	12,5	326	297
Pireneo (8)	101	106	81,0	80,9	13,3	12,4	274	233
Saturnus (7)	100	100	82,3	82,3	13,3	12,7	285	246
Bitop (8)	97	96	81,0	81,3	13,3	12,8	293	244
Blasius (7)	98	98	80,6	81,0	13,2	12,3	337	349
Element (8)	100	88	80,5	78,5	13,2	12,8	359	311
Peppino (7)	102	106	81,7	81,6	13,1	12,0	319	228
Stefanus (7)	102	104	83,1	83,4	12,7	12,1	312	247
Indigo (4)	89	82	76,5	76,3	12,6	12,1	333	291
Capo (7)	104	105	82,2	82,4	12,5	11,9	316	272
Edison (7)	99	97	78,4	78,2	12,4	12,2	312	297
Donnato (7)	102	106	80,6	81,3	12,3	12,0	268	228
Eriwan (6)	104	106	79,9	80,5	12,0	11,1	356	319
Ludwig (7)	104	104	78,6	78,2	11,7	11,7	286	228
Pegassos (5)	111	110	78,1	78,4	11,6	11,3	269	232
Mittel, 100 = ...dt/ha	58,4	53,0						

Die Verwendung von zertifiziertem Saatgut bringt den Vorteil der Sortenechtheit, garantierter Keimfähigkeit, Sortenreinheit und führt meist zu einer höheren Ertragssicherheit. Zertifiziertes Saatgut wird auch auf Gesundheit untersucht. Bei Einsatz von Nachbasaatgut soll dies unbedingt auf Anbaueignung untersucht werden, damit die Mindestanforderungen an das Saatgut sichergestellt werden (VOLLMER et al. 1986).

### 2.3.3. Bodenbearbeitung und Aussaat

Die Art der Bodenbearbeitung, die Vorfrucht und die Bodenart sind für den Ertrag von Bioweizen entscheidend. Schwere Standorte neigen leicht zu Bodenverdichtungen, daher soll die Bearbeitung tiefer erfolgen, um einen optimalen Luft- und Wasserhaushalt sicher zu stellen. Das Saatbeet muss gut abgesetzt sein. Schwere Böden neigen oft zur Verschlämmung und sollten nur so feinkrümelig als nötig für eine exakte Saat vorbereitet werden. Nach VOLLMER (1986) kann auf leichteren Böden eher auf intensive Bearbeitung verzichtet werden.

Große Ernterückstandsmengen, zB. bei Mais, sollen eingepflügt werden, um Krankheitsinfektionen (zB. Fusarien) zu vermeiden. Der Saatzeitpunkt sollte etwas später als bei konventionellem Weizen erfolgen, da sich dies positiv auf Unkrautdruck und Krankheitsbefall auswirkt. Der Ertrag von später gesättem Winterweizen liegt nach KOLBE (2004) nicht niedriger.

Generell muss die Saatgutablage exakt sein, um einen gleichmäßigen Feldaufgang zu gewährleisten. Die Wahl der Saatstärke hat meist nur einen geringen Einfluss auf den Ertrag. Hohe Saatstärken verursachen höhere Saatgutkosten, wirken sich jedoch positiv auf die Unterdrückung von Beikräutern aus (STÖPPLER 1989).

### **2.3.4. Ertragsbildung**

Der Kornertrag von Winterweizen ergibt sich aus folgenden Komponenten: Aus der Zahl der ährentragenden Halme pro Quadratmeter (der Bestandsdichte), aus der Kornzahl pro Ähre sowie aus dem Tausendkorngewicht (TKG) (BORGSMANN 1986).

Die Zahl der ährentragenden Halme wird unter speziellen Bedingungen durch die Saatstärke bestimmt. Diese muss auf den Feldaufgang, die Keimfähigkeit und die Bestockung, die im Wesentlichen von der Saatzeit und der Stickstoffversorgung abhängt, abgestimmt werden. Auch Schädlinge und Witterung (zB. Frostschäden) nehmen Einfluss auf die Bestandesdichte (STÖPPLER 1989).

Die Kornzahl pro Ähre steht in Konkurrenz zur Bestockung. Bei starker Bestockung werden bevorzugt die Bestockungstrieb mit Assimilaten versorgt. Diese Assimilate fehlen jedoch bei der Anlage der Zahl der Ährchenanlagen. Kleine Ähren und eine höhere Bestandesdichte sind die Folge. Das heißt, dass zu diesem Zeitpunkt der Pflanze genug Stickstoff und Wasser zur Verfügung stehen soll (BORGSMANN 1986).

Vor der Ernte besteht über das Tausendkorngewicht (TKG) nur eine geringe Möglichkeit, Einfluss auf den Ertrag zu nehmen. Ein hohes TKG wirkt sich meist positiv auf die Qualität des Winterweizens aus.

In der Kornfüllungsphase (EC-Stadium 65) benötigt der Weizen eine optimale Nährstoffversorgung. Dies ist auch in der ökologischen Landwirtschaft möglich, sofern sich erhöhter Krankheitsstress oder Trockenheit nicht negativ auswirken (STÖPPLER 1989). Im

konventionellen Ackerbau wird das Ertragsniveau schon über die Bestandesdichte meist voll ausgeschöpft, daher kommt es in der Kornfüllungsphase zu Kompensationsreaktionen.

## **2.4. Gärrest (aus Biogasproduktion)**

### **2.4.1. Allgemeine Definition**

*„Unter Gülle versteht man ein Gemisch der anfallenden tierischen Exkrememente Kot und Harn, fallweise auch mit geringer Einstreu, das so gelagert wird, dass seine Fließfähigkeit erhalten bleibt oder bei der Ausbringung wiederhergestellt werden kann. Dickflüssige Gülle bis zu einem Verdünnungsgrad von 1:1 wird auch als Flüssigkeit bezeichnet. Es kann sich bei Gülle daher um ein in Konsistenz und Nährstoffgehalt sehr unterschiedliches Material handeln; die Eigenschaften sind abhängig von der Tierart, der Futterart und –menge, der Nutzungsrichtung (Mast, Milch, Zucht) und auch von der Höhe eines eventuellen Wasserzusatzes“ (GALLER 2005).*

*Biogas entsteht durch anaerobe Gärung aus organischer Substanz. Dabei werden zuerst durch Hydrolyse die Eiweißverbindungen, Kohlenhydrate und Fette zu Einzelbausteinen zerlegt und weiter zu flüchtigen Fettsäuren abgebaut. Aus flüchtigen Fettsäuren entsteht im Fermenter Biogas, das wirtschaftliche Endprodukt. Es wird in einem Motor verbrannt und somit Strom erzeugt, oder direkt ins Netz eingespeist. Zurück bleibt die flüssige Phase des Ausgangsmaterials, die Biogasgülle (GALLER 2005).*

### **Vergleich von Gülle und Biogasgülle**

Im Vergleich zeigt sich, dass es zwischen Biogasgülle und Gülle einige Unterschiede gibt. Biogasgülle aus NAWAROS ist C-, NH<sub>4</sub>- und K<sub>2</sub>O-haltiger als Rinder- oder Schweinegülle. Der NH<sub>4</sub>-Wert kann unter Berücksichtigung des Verdunstungspotentials als voll verfügbarer N-Dünger zu allen Kulturen angesetzt werden (EILER 2007).

Durch die Verhältnisse, die bei der Erzeugung von Biogas herrschen, wird eine höhere Anzahl an Keimlingen von Beikräutern abgetötet. Das Potential von keimfähigen Samen vermindert sich wesentlich (GANSBERGER et al. 2009). Dies wirkt sich besonders im Biolandbau positiv aus (EILER 2007).

Es werden drei Stoffgruppen an vergärbaren Ausgangsmaterialien unterschieden (GALLER 2005):

Zur Gruppe eins gehören Wirtschaftsdünger und Produkte der Urproduktion wie Wiesenaufwuchs, Futtermittelreste und nachwachsende Rohstoffe (NAWAROS). Diese Gruppe unterliegt nicht dem Abfallgesetz.

Die zweite Gruppe enthält Abfälle und Rückstände aus der Nahrungs-, Genuss- und Futtermittelindustrie bzw. von Brauereien und Molkereien.

In Gruppe drei finden sich kommunale Garten- und Parkabfälle, Biotonne und Abfälle aus Großküchen.

Für die Gruppen zwei und drei sind grundsätzlich Untersuchungen auf Schwermetallgehalt, Hygiene und Schadstoffe erforderlich.

In den nachfolgenden Ergebnissen wurde ausschließlich Biogasgülle, die aus der Vergärung von Materialien der Gruppe eins entstand, eingesetzt.

#### **2.4.2. Rechtliche Grundlagen in der Ausbringung von N-Düngern**

Die österreichische Umsetzung der EU-Nitratrichtlinie 91/676/EWG erfolgt durch das Aktionsprogramm Nitrat. Dies wird alle vier Jahre überprüft und, wenn nötig, geändert oder ergänzt. Die derzeit gültige Fassung trat am 1. Februar 2008 in Kraft.

Für die Beschränkung bei der Ausbringung von stickstoffhaltigen Düngern gelten zwei Grenzwerte, nämlich 175 kg bzw. maximal 210 kgN/ha im Betriebsdurchschnitt. Ohne Gründecke dürfen 175 kg nicht überschritten werden. Mit Gründeckung steht eine Obergrenze von maximal 210 kg/ha/Jahr fest.

Im Aktionsprogramm sind Obergrenzen für einzelne Kulturen festgelegt. Dabei werden die Bedarfswerte aus den Richtlinien für sachgerechte Düngung herangezogen. Ebenso werden die Ertragslage und die Bodenbeschaffenheit berücksichtigt.

Einen wichtigen Punkt in den Richtlinien stellt die Düngung entlang von Gewässern dar. Dabei wird zwischen stehenden und fließenden Gewässern unterschieden, ebenso zwischen

Grünland und Ackerland. Auch die Hangneigung und die Methode der Ausbringung nehmen Einfluss auf die Abstände (BAUER und HÖLZL 2008).

Es gelten nicht nur mengenmäßige Beschränkungen, auch zeitlich ist die Ausbringung begrenzt. Der Verbotszeitraum für die Ausbringung gilt für unbewachsenen Boden vom 15. Oktober bis 15. Februar. Bei Bewuchs darf im Herbst bis 15. November gedüngt werden. Stallmist, Kompost, entwässerter Klärschlamm und Klärschlammkompost dürfen auf der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche von 15. Februar bis 30. November ausgebracht werden. Für früh anzubauende Kulturen (Sommergerste, Durum, Gründdecken) und Kulturen mit frühem Stickstoffbedarf wie Raps, Wintergerste und Feldgemüse unter Vlies oder Folie sind Ausnahmen für jede Stickstoffdüngung möglich (WINKOVITSCH 2008).

Die genannten Verbotszeiträume werden in Tabelle 4 aufgelistet:

**Tab. 4: Verbotszeiträume N-Dünger (<http://www.agrar-net>, abgerufen am 3. Februar 2009)**

Verbotszeitraum	N-Düngerarten	Betroffene Flächen / Kulturen
15.10. bis 15.2.	Stickstoffhaltige Handelsdünger, Gülle, Jauche, nicht entwässerter Klärschlamm	Landwirtschaftliche Nutzfläche OHNE Gründdeckung
15.11. bis 15.2.	Stickstoffhaltige Handelsdünger, Gülle, Jauche, nicht entwässerter Klärschlamm	Landwirtschaftliche Nutzfläche MIT Gründdeckung (Winterung/Begrünung)
30.11. bis 15.2.	Stallmist, Kompost, entwässerter Klärschlamm und Klärschlammkompost	Gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche
Ausnahme: bis 31.1. ab 1.2. zulässig	Jede Stickstoffdüngung	Frühanzubauende Kulturen (zB. Durum, Sommergerste) oder Gründdeckungen mit frühem N-Bedarf (Raps, Wintergerste, Feldgemüse unter Vlies oder Folie)

Auf gefrorenem, wassergesättigtem oder schneebedecktem Boden herrscht Ausbringungsverbot. Die Geruchsbelastigung von Biogasgülle ist geringer als jene von tierischer.

Durch den meist geringen Trockensubstanzgehalt ist die Biogasgülle fließfähiger. Dies hat zur Folge, dass die Ausbringung vereinfacht wird und durch besseres Ablaufen von den Pflanzen Ätزشäden vorgebeugt wird (GALLER 2005).

Als Nachteil der Biogasgülle ist anzumerken, dass sie sehr inhomogen sein kann und bei rohfaserreicher Trockensubstanz Schwimmdecken bildet. Der organische Dünger weist oft einen hohen pH-Wert auf, dies führt zu höheren Ammoniumverlusten bei der Ausbringung (EILER 2007).

## **2.5. Einsatz von flüssigem Gärrest im Winterweizen**

Getreide kann den Stickstoff aus der Gülle gut ausnützen, wobei es jahreszeitlich zu großen Unterschieden kommt. Von Vegetationsbeginn bis Mai, Juni kann die Ausnützung bis zu ca. 70 Prozent betragen. Nach der Ernte bleiben oft nur 20 bis 30 Prozent für die Folgefrucht zurück (HILBERT et al. 1986).

Soll bei Weizen nicht der Ertrag, sondern der Rohproteingehalt erhöht werden, dann muss der Bestand möglichst spät mit N-Dünger befahren werden. Hier stößt die Technik schnell an ihre Grenzen. Weiters ist es sehr wichtig, eine gute Verteilgenauigkeit zu erzielen. Schlecht verteilte Gülle verursacht Schäden, 50 Prozent Ertragsausfall sind nicht auszuschließen (GALLER 1989).

In der Qualitäts- und Mahlweizenproduktion werden meist drei N-Düngergaben verabreicht. Zur Startdüngung am Vegetationsbeginn werden zwischen 30 und 50 kg Stickstoff ausgebracht. Diese Gabe erhöht die Bestockung und verbessert die Anlage der Ertragsorgane. Sie ist ertragsorientiert. Bei der sogenannten Schossdüngung (zweite N-Düngergabe) werden ca. 40-60 kg Stickstoff gedüngt. Ziel dieser Düngung ist es, neben einem Haupttrieb, ein bis zwei starke Nebentriebe zu etablieren. Die dritte N-Düngung, die sogenannte Qualitätsdüngung, wird nur bei Weizen durchgeführt, um den Rohproteingehalt zu erhöhen. Bei der Gölledüngung wird überwiegend auf die dritte N-Gabe verzichtet. Die Wirksamkeit der Gölledüngung hängt sehr stark vom Wetter und den Bodenverhältnissen ab. Prinzipiell kann die zweite Göllegabe am besten von den Weizenpflanzen genutzt werden (TSCHISCHEJ 2006).

Vergleicht man nun die Gärreste mit tierischer Gülle, so liegt der Wert des verfügbaren Stickstoffs um 10 bis 20 Prozent höher. Die Ursache ist der um eine halbe Einheit höhere pH-Wert. Um die Gefahr der Stickstoff Abgasung zu unterbinden, müssen vorbeugende Maßnahmen getroffen werden. Sodann kann mit Biogasgülle eine geringfügig höhere Düngewirkung erzielt werden (GALLER 2005).

Die Beschränkungen, die durch das Aktionsprogramm Nitrat gegeben sind, müssen eingehalten werden. Bei der Teilnahme am Österreichischen Umweltprogramm (ÖPUL) sind auch dessen Beschränkungen für die Stickstoffdüngung zu beachten. Die im ÖPUL maximal mögliche Stickstoffmenge orientiert sich an der Ertragserwartung. Diese liegt für Winterweizen wie folgt (Tabelle 5).

**Tab. 5: ÖPUL Ertragserwartung (Tschischej 2006)**

Kultur	Weizen
Mittlere Ertragslage (t/ha)	3,5 – 6,0
Mittlerer Ertrag max. N-Menge (kg/ha)	130
Hoher Ertrag max. N-Menge (kg/ha)	162,5
Max. N-Menge (kg/ha) „Reduktion Getreide“	130

## 3. Material und Methoden

### 3.1. Standort

Die Feldversuche im Rahmen der Diplomarbeit wurden im nordöstlichen Waldviertel durchgeführt. Die Felder befinden sich zwischen den Ortschaften Großau und Zabernreith bei Raabs an der Thaya. Die drei Versuchsanlagen in der Katastralgemeinde Zabernreith lagen nur einige hundert Meter voneinander entfernt. Die Lage des Standortes der Versuchsanlage sind auf der Karte, auf der die niederösterreichischen Viertel und Bezirke hervorgehoben sind, gezeigt.

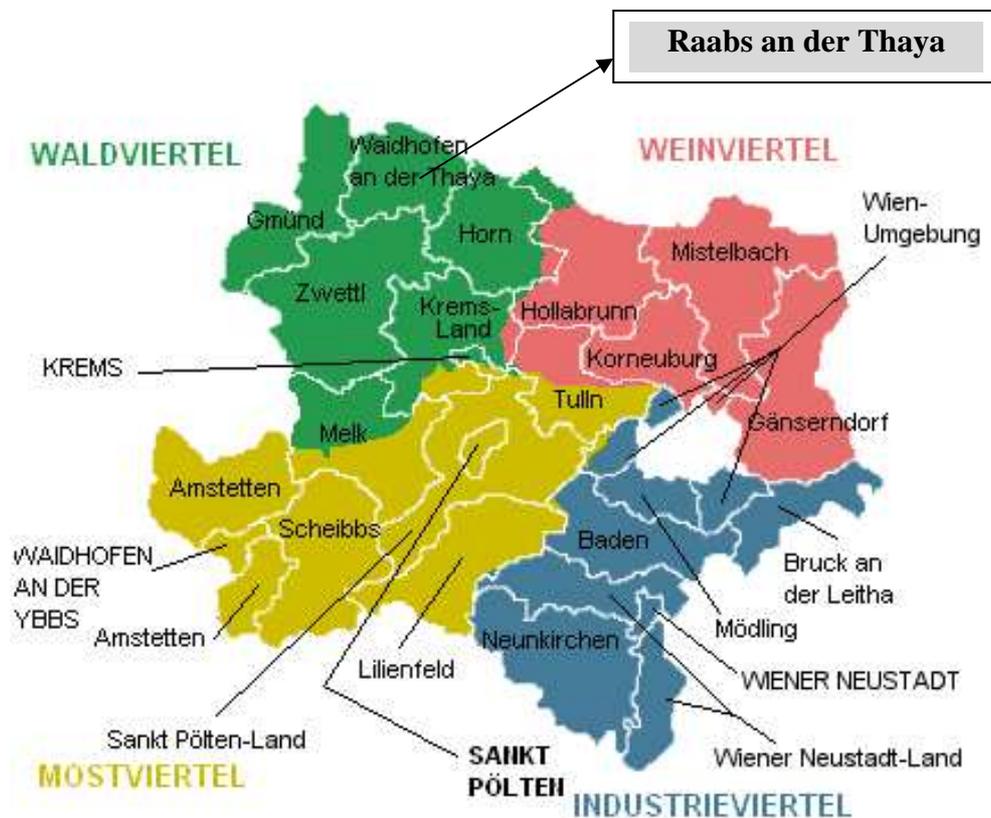


Abb. 3: Karte Niederösterreich mit politischen Bezirksgrenzen (<http://de.wikipedia.org>, abgerufen am 9. Jänner 2012)

#### 3.1.1. Großraum und Klima

Zabernreith liegt im landwirtschaftlichen Hauptproduktionsgebiet Wald- und Mühlviertel. Bei Einbindung der Versuchsanlage in die Zuordnung zu den landwirtschaftlichen

Kleinproduktionsgebieten, befindet sich der Standort in der „Mittellage des Waldviertels“ bzw. „östliches Waldviertel“ ([www.statistik.at](http://www.statistik.at), abgerufen am 13. Dezember 2011).

Geologisch gesehen befindet sich der Versuchstandort am Granit- und Gneisplateau, welches ein Teil der böhmischen Masse ist, die von Norden hineinragt. Die Landschaft um Zabernreith ist gekennzeichnet von langgezogenen Rücken, die durch kleine flache Talungen unterbrochen werden. An den Kuppen treten meist kristalline Elemente zutage, wobei sich die Senken meist etwas tiefgründiger zeigen.

Grundsätzlich herrscht in den Mittellagen des Waldviertels überwiegend kühles, baltisches Klima vor. Raabs und das Gebiet östlich davon sind durch die Lage im Thayatal in Bezug auf die Temperatur etwas begünstigt (sieben Grad Celsius Jahresmittel). Im Winter kommt es in tiefer eingeschnittenen Tälern oft zur Bildung von Kaltluftseen durch Temperaturumkehr. Die Hauptwindrichtung ist West bis Nord-West (LIEBHARD 1991).

### **3.1.2. Boden und Witterung**

Vorherrschendes Ausgangsmaterial für die Bodenbildung ist der kristalline Untergrund Gneis. Laut Bodenschätzung des Finanzamtes Waidhofen an der Thaya befinden sich die Versuchsanlagen auf Äckern, wo die beiden folgenden Bodenprofile vorrangig auftreten (GUNDINGER 2010):

#### **Profil 1 Braunerde (A-B1-B2)**

- A: 0 bis 20 cm humos bis schwach humos; schwach glimmriger, lehmiger Sand
- B1: gelb-braun, schwach glimmrig, schwach grusig, lehmiger Sand 20 bis 50 cm
- B2: gelb-grau, braun, schwach glimmrig, schwach grusig bis grusig, lehmiger Sand

Das Profil 1 weist eine Boden- und Ackerzahl von jeweils 34 auf.

#### **Profil 2 Braunerde (A-B1)**

- A: 0 bis 15 (20) cm, humos bis schwach humos, schwach glimmrig, schwach grusig, lehmiger Sand
- B1: gelb-braun, schwach glimmrig, grusig, schwach steinig, lehmiger bis schwach lehmiger Sand

Das Profil 2 weist eine Boden- und Ackerzahl von jeweils 25 auf.

Zabernreith liegt auf 525 m Seehöhe. Die Jahresmitteltemperatur beträgt 6,8 Grad Celsius. An ca. 219 Tagen im Jahr beträgt die Temperatur über 5 Grad Celsius (= Zahl der Vegetationstage). Der Jahresniederschlag liegt im Durchschnitt bei 595 Millimetern pro Jahr, verteilt sich dabei über das ganze Jahr, wobei der meiste Niederschlag von Anfang Mai bis Ende Juli zu erwarten ist. Eine geschlossene Schneedecke existiert zumeist an etwa 70 Tagen und die durchschnittliche Wintertemperatur beträgt -2,5 Grad Celsius (GUNDINGER 2010).

### **3.2. Versuchsanlage**

Die Feldversuchsanlage im Jahr 2005 war eine randomisierte Blockanlage mit drei Wiederholungen auf drei verschiedenen Feldstücken mit unterschiedlicher Vorfrucht (Klee - Körnererbse - Winterweizen). Die Länge der einzelnen Parzellen betrug 40 Meter, die Breite jeweils 15 Meter. Daraus ergab sich eine Fläche von 600 m<sup>2</sup> pro Parzelle. Die einzelnen Parzellen waren jeweils durch einen 50 cm breiten Grünstreifen an der Längsseite und einen fünf Meter breiten Streifen an der Breitseite getrennt. Die neun Versuchspartzen waren außen von einem fünf Meter breiten Mantel umgeben. Nachfolgend wird die Versuchsanlage mittels einer Skizze dargestellt.

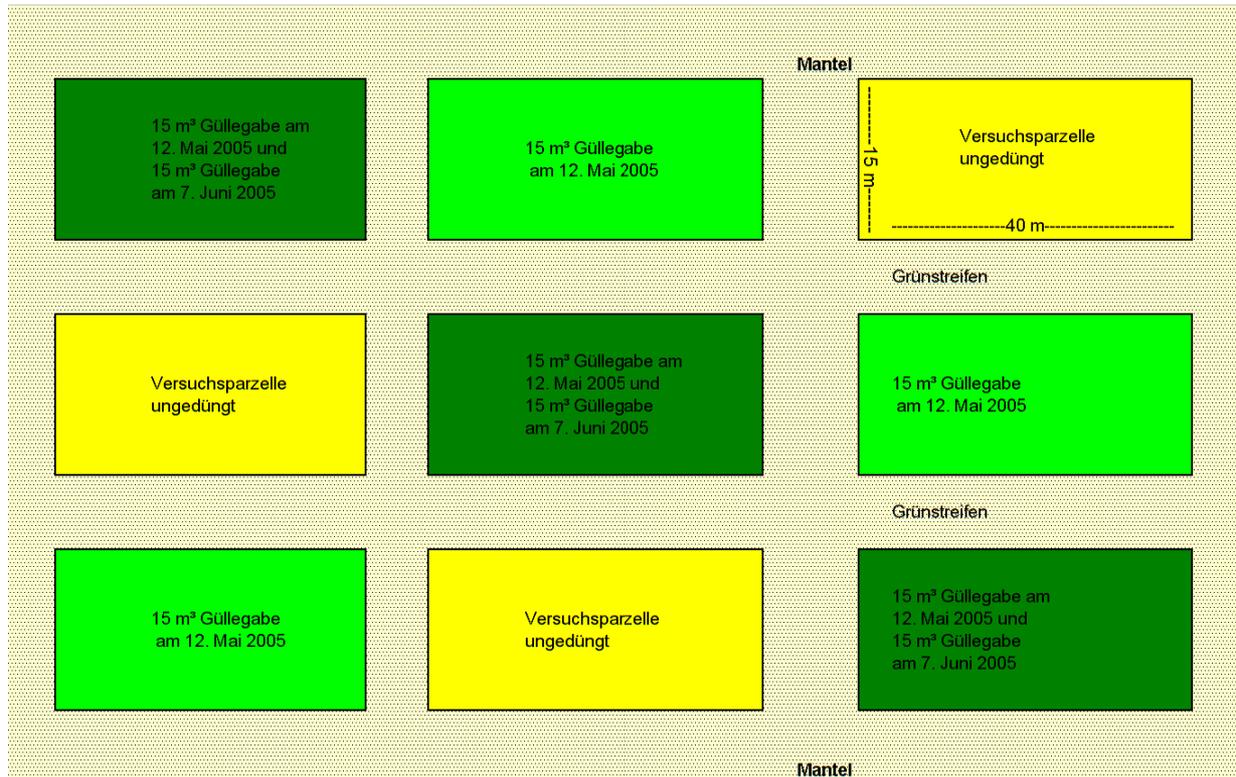


Abb. 4: Skizze der Winterweizen-Versuchsanlage

### 3.2.1. Versuchsdurchführung

Nach der Ernte 2004 wurden alle drei Feldstücke gegrubbert. Anfang Oktober erfolgte die Pflugfurche und am 15. sowie am 16. Oktober 2004 erfolgte die Weizensaat mittels Schleppscharen auf zwei bis drei cm Tiefe, wobei der Abstand zwischen den Reihen 12,5 cm betrug. Gesät wurde die Sorte Capo mit 167 Kilogramm pro Hektar (TKG 46 g). Daraus ergaben sich, bei einer Keimfähigkeit von 95 Prozent, 363 keimfähige Körner pro Quadratmeter.

Am 9. April 2005 wurde der Bestand gestriegelt. Mitte April erfolgte die Unterteilung in die einzelnen Parzellen. Am 12. April 2005 erfolgte die erste Bodenprobenentnahme mit anschließender  $N_{\min}$ -Untersuchung in den Tiefen 0-30 cm, 31-60 cm und 61-90 cm. Die zweite  $N_{\min}$ -Beprobung erfolgte drei Tage nach der ersten Gülledüngung (15 m<sup>3</sup>/ha) am 15. Mai 2005. Der Weizen befand sich bei der zweiten Beprobung vor Beginn des EC-Stadiums 30 (Schossen).

Am 28. Mai erfolgte eine weitere  $N_{\min}$ -Probenziehung. Am 5. Juni erfolgte die Spätdüngung, mit 15 m<sup>3</sup>/ha Biogasgülle (EC-Stadium 49, Öffnen der letzten Blattscheide). Die letzte  $N_{\min}$ -Beprobung erfolgte am 9. Juni. Die Ernte wurde am 6. August durchgeführt.

### 3.3. Datenerfassung

Die Datenerfassung erstreckte sich von Anfang Oktober 2004 bis Ende Dezember 2005. Die Untersuchung am Winterweizen erfolgte anhand folgender ausgewählter Parameter:

- Kornertrag
- Rohprotein
- Tausendkorngewicht
- Hektolitergewicht
- Kornzahl pro Ähre
- Ährentragende Halme pro Quadratmeter

Es handelte sich dabei um jene Qualitätskriterien, die unmittelbar mit dem monetären Ertrag in Zusammenhang stehen beziehungsweise zur Ertragsbildung beitragen.

#### 3.3.1. Witterungsverlauf im Versuchsjahr

Der Niederschlag im Jahr 2005 wurde mit einem Regenmesser, der am Versuchsstandort platziert war, gemessen. Nach jedem Niederschlagsereignis wurde das Gefäß entleert.

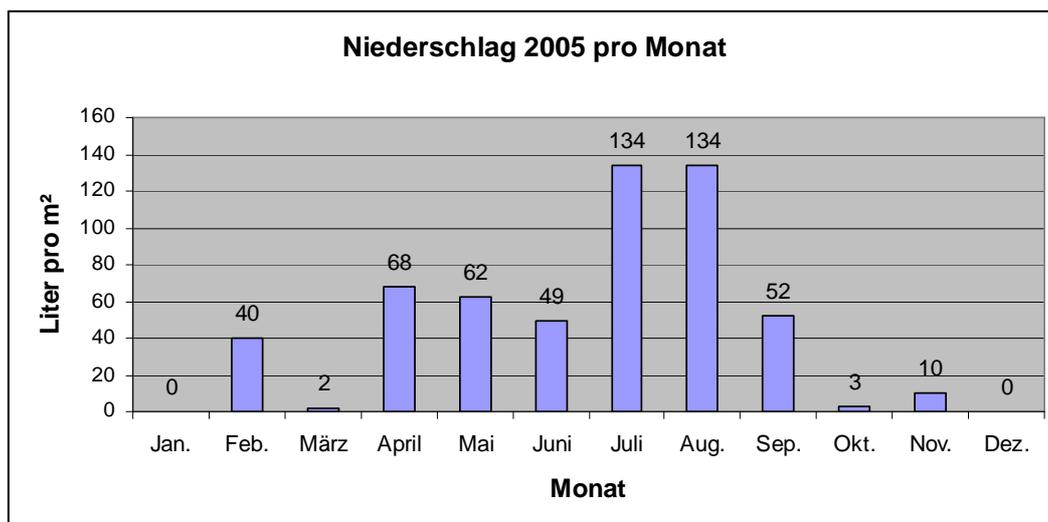
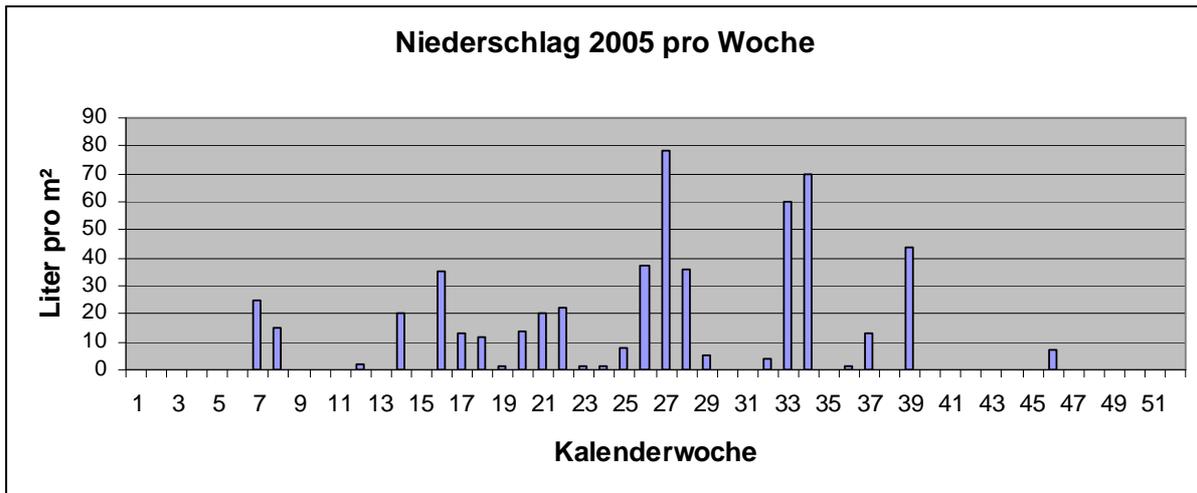


Abb. 5: Niederschlag in mm pro Monat im Jahr 2005, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya

Bei der Verteilung des Niederschlages ist im Jahr 2005 zu erkennen, dass ab Vegetationsbeginn, das heißt zwischen Ende März und Anfang April, große Mengen Regen

fielen, obwohl ausreichend Winterfeuchte (40 Liter pro Quadratmeter im Februar) vorhanden war. Zwei ganz außergewöhnliche Monate waren Juli und August mit je einem Wert von 134 Litern pro Quadratmeter, wobei zu diesem Zeitpunkt der Boden noch wassergesättigt war und große Mengen Niederschlag oberflächlich abfließen. Im September gab es 52 Liter pro m<sup>2</sup> Regen, die Monate Oktober, November und Dezember waren beinahe niederschlagsfrei. Nachfolgend werden die Niederschlagsmengen im Jahr 2005 zusätzlich wochenweise dargestellt (Abbildung 6).



**Abb. 6: Niederschlag in mm pro Woche, Standort Betrieb Kadroschka Raabs/Thaya, 2005**

Die Temperatur wurde täglich am Betriebsstandort zwischen halb zwölf und zwölf Uhr mittags im Schatten mit Hilfe eines Thermometers gemessen. Die Temperatur pro Kalenderwoche wird im nachfolgenden Liniendiagramm dargestellt:

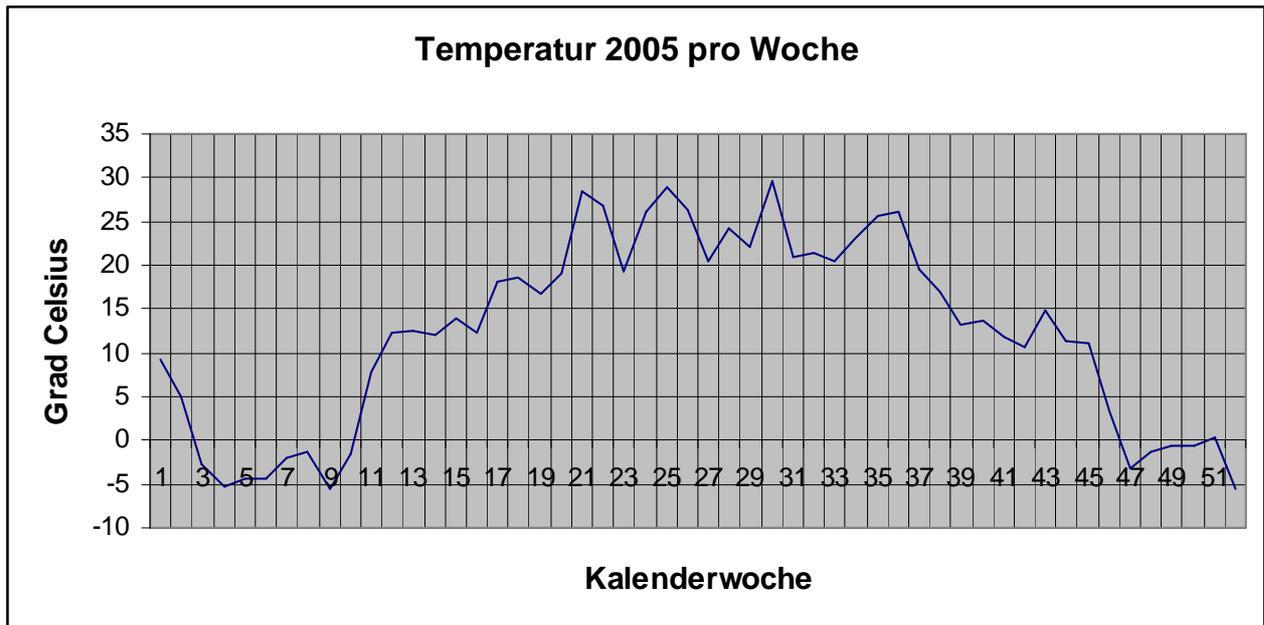


Abb. 7: Wöchentlicher Temperaturverlauf in °C, Standort Betrieb Kadroschka Raabs/Thaya, 2005

Anschließend werden die Temperaturen bis Ende Juli kurz erläutert. Auf die Werte zwischen August und Dezember 2005 wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen, da sie für die vorliegende Diplomarbeit nicht weiter relevant sind.

Wie sich aus der Temperaturlinie (Abbildung 7) erkennen lässt, gab es von Mitte Jänner bis Mitte März Dauerfrost. Danach stieg die Temperatur innerhalb kurzer Zeit auf knapp über zehn Grad Celsius, die für etwa fünf Wochen bis Ende April konstant war. In den letzten Apriltagen und in der ersten Maiwoche ergaben sich aufgrund der hohen Sonneneinstrahlung sehr warme Tage von 25 bis 30 Grad Celsius, die anschließend erst wieder Ende Mai erreicht wurden. Das warme Wetter hielt ca. zehn Tage an. Die Juni-Temperaturen (KW 23 – 26) bewegten sich um die 25-Grad-Marke. Im Juli stieg die Temperatur nie über 30 Grad an, erst am 28. Juli wurden 35 Grad Celsius gemessen und ergaben für eine Woche optimale Erntebedingungen.

### 3.3.2. $N_{\min}$ -Beprobung

Zur Bodenprobenziehung wurde ein sogenannter Pürckhauerbohrstock verwendet, dabei handelt es sich um einen Hohlstab. Dieser wurde 90 cm tief in den Boden eingeschlagen und mehrmals ca. 90 Grad nach links und rechts gedreht. Danach wurden die Schichten von 0-30 cm, 31-60 cm und 61-90 cm in drei Gefäße aufgeteilt.

Auf jeder der 27 Versuchspartzen erfolgten sieben Einstiche und diese wurden gut vermischt. Die Proben wurden gekennzeichnet und sofort in einer Kühlbox verstaut. Kurz darauf wurden sie tief gefroren in das Bodenzlabor der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien in Großenzersdorf zur Analyse gebracht. Die  $N_{\min}$ -Beprobung wurde von April bis Juni 2005 viermal durchgeführt.

### **3.3.3. Gärrestanalysen**

Für eine optimale N-Düngung mit Gülle sind Analyseergebnisse bezüglich der Nährstoffe notwendig, da die Gehaltswerte trotz gleichem Ausgangssubstrat und gleichem Trockenmassegehalt schwanken ([www.lms-beratung.de](http://www.lms-beratung.de), abgerufen am 3. Jänner 2012). Da die Biogasgülle nur etwa drei Kilogramm Gesamtstickstoff enthält, wurden auf den Versuchspartzen (außer auf den Vergleichspartzen) bei der ersten Düngung 15 m<sup>3</sup> pro Hektar ausgebracht. Um eine genaue Analyse zu erhalten, wurden während der Applikation vier Proben von den Schleppschläuchen des Güllefassens genommen und vermengt. Die Analysen wurden von der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH in Wien durchgeführt. Nachfolgend werden diese Prüfberichte im Original dargestellt:

## Probeanalyse erste Düngung:



**Datum:** 08.06.2005  
**Kontakt:** DIIng. Gerhard Burdicek  
**Tel.:** +43 (1) 73216-3177  
**Fax:** +43 (1) 73216-3303  
**E-Mail:** gerhard.burdicek@ages.at

**PRÜFBERICHT**

**Auftragsnummer:** 501217  
**Auftraggeber:** Christoph Kadruoschka  
 3820 Oberpfaffendorf 6  
**Ihr Zeichen:** -  
**Probenahme:** Die Agentur hatte keinen Einfluss auf die Probenahme  
**Tag der Einsendung:** 06.06.2005  
**Analyse:** 08.06.2005

Die Prüfergebnisse beziehen sich nur auf die unter folgender Analysennummer untersuchte Probe.

**Bezeichnung/Analysennummer:** Gülleprobe **D 1991**  
**Prüfgegenstand/Beschaffenheit:** Gülle/flüssig  
**Verpackung/Verschluss:** Kunststoffgefäß/ Deckel  
**Probenvorbereitung:** Homogenisierung

	berechnet als	im Original	in der Trockenmasse	
Wasser (berechnet)		94,7		%
Trockensubstanz (Trocknung bei 103°C, gravim.)		5,28	100	%
Gesamt-Stickstoff (Kjeldahl, Destillation)	N	0,26	4,92	%
Phosphat gesamt (photometrisch)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,10	1,89	%
Kalium gesamt (flammenphotometrisch)	K <sub>2</sub> O	0,38	7,20	%
Ammonium-Stickstoff (Destillation)	NH <sub>4</sub> -N	0,10	1,89	%
pH-Wert (Wasser, elektrochem.)		8,3		

Im Ergebnisteil allfällig verwendete Abkürzungen:

nn = nicht nachweisbar, NG = Nachweisgrenze, BAB = Analyse am Inst. f. landw. Analytik/CC-Chemie in Linz (Tel: 0732 381 261-0)  
 Gemäß EN ISO 17025 darf ohne schriftliche Genehmigung dieser Prüfbericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Für die Untersuchung

*G. Burdick*  
 Dipl.Ing. Gerhard Burdick



Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH • Bereich gemeinsame Einrichtungen  
 Kompetenzzentrum Elemente • Spargelfeldstraße 191 • A-1220 Wien  
 UID: ATU 54088605 • Firmensitz: Wien • Registergericht: Handelsgericht Wien • FN 223056 z  
 DVR 0014541 • Akkreditierte Prüfstelle PSID: 189

Seite 1 von 1

kadru\_d1991

Abb. 8: AGES 1. Prüfbericht

## Probeanalyse zweite Düngung:



**Datum:** 22.06.2005  
**Kontakt:** DIng. Gerhard Burdicek  
**Tel.:** +43 (1) 73216-3177  
**Fax:** +43 (1) 73216-3303  
**E-Mail:** gerhard.burdicek@ages.at

**PRÜFBERICHT**

Auftragsnummer: **501365**  
 Auftraggeber: **Christoph Kadruoschka**  
**3820 Oberpfaffendorf 6**

Ihr Zeichen: -

Probenahme: Die Agentur hatte keinen Einfluss auf die Probenahme

Tag der Einsendung: 16.06.2005

Analyse: 21.06.2005

Die Prüfergebnisse beziehen sich nur auf die unter folgender Analysennummer untersuchte Probe.

Bezeichnung/Analysennummer: **Gülleprobe**  
 Prüfgegenstand/Beschaffenheit: Gülle/flüssig  
 Verpackung/Verschluss: Kunststoffgefäß/ Deckel  
 Probenvorbereitung: Homogenisierung

**D 2002**

	berechnet als	im Original	in der Trockenmasse	
Wasser (berechnet)		96,4		%
Trockensubstanz (Trocknung bei 103°C, gravim.)		3,6	100	%
Gesamt-Stickstoff (Kjeldahl, Destillation)	N	0,28	7,73	%
Phosphat gesamt (photometrisch)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,12	3,31	%
Kalium gesamt (flammenphotometrisch)	K <sub>2</sub> O	0,60	16,6	%
Ammonium-Stickstoff (Destillation)	NH <sub>4</sub> -N	0,12	3,31	%
pH-Wert (Wasser, elektrochem.)		8,2		

Im Ergebnisteil allfällig verwendete Abkürzungen:

**nn** = nicht nachweisbar, **NG** = Nachweisgrenze, **BAB** = Analyse am Inst. f. landw. Analytik/CC-Chemie in Linz (Tel: 0732 381 261-0)  
 Gemäß EN ISO 17025 darf ohne schriftliche Genehmigung dieser Prüfbericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Für die Untersuchung

  
 Dipl.Ing. Gerhard Burdicek



Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH • Bereich gemeinsame Einrichtungen  
 Kompetenzzentrum Elemente • Spargelfeldstraße 191 • A-1220 Wien  
 UID: ATU 54088605 • Firmensitz: Wien • Registergericht: Handelsgericht Wien • FN 223056 z  
 DVR 0014541 • Akkreditierte Prüfstelle PSID: 189

Seite 1 von 1

kadru\_d2002

Abb. 9: AGES 2. Prüfbericht

### **3.3.4. Ährentragende Halme pro Quadratmeter und Kornzahl pro Ähre**

Der Ertrag baut sich aus den Pflanzen pro Quadratmeter, der Kornzahl pro Ähre und dem Tausendkorngewicht auf (GROSSLERCHER 2012). Von jeder Parzelle wurden fünf Ähren nach dem Zufallsprinzip abgeschnitten und die Körner manuell ausgezählt.

Mit Hilfe eines Zählrahmens (100 x 100 cm Seitenlänge) wurde die Anzahl der ährentragenden Halme pro m<sup>2</sup> ermittelt.

### **3.3.5. Kornertrag**

Der Kornertrag trägt unmittelbar zum monetären Ertrag bei. Die Netto-Parzellen wurden mit einem betriebseigenen Mähdrescher einzeln geerntet, das Erntegut (Korn) in spezielle Getreidekisten gefüllt, gekennzeichnet und gewogen.

### **3.3.6. Strohertrag**

Der Strohertrag wurde nur am Feld A ermittelt. Das anfallende Stroh je Parzelle wurde gepresst und verwogen. Die gleiche Vorgehensweise wurde bei den drei einmalig gedüngten Parzellen angewandt und danach bei den zweimal gedüngten Parzellen. Die Länge der Stoppeln betrug etwa 15 cm.

### **3.3.7. Ausgewählte Qualitätskriterien**

Proteingehalt, Tausendkorngewicht und Hektolitergewicht wurden im Labor der Firma Dyk-Mühle analysiert und ermittelt. Von jeder Parzelle wurde ein Rückstellmuster nach der Ernte gezogen, beschriftet und analysiert.



Foto 1: Vorreinigungsmaschine für Druschfrüchte



Foto 2: Gerät zur Bestimmung des Hektolitergewichtes



Foto 3: Gerät zur Messung des Proteingehaltes



Foto 4: Gerät zur Messung des Proteingehaltes

### **3.4. Statistische Verrechnung der Daten**

Die statistische Auswertung der Daten wurde mit dem Statistikprogramm SPSS 19.0 durchgeführt. Dieses Programm wurde bereits im Jahr 1970 entwickelt und dient seither am häufigsten zur Auswertung von Daten aus Feldversuchen.

Als erste Verrechnung erfolgte jeweils die einfaktorielle Varianzanalyse, auch Oneway Anova genannt. Signifikanzniveau war fünf Prozent (FISHER 1956).

Die Signifikanz wurde mit dem sogenannten Tukey-B-Test kontrolliert, der zur Gruppe der Post-Hoc-Analysen gehört. Bei Post-Hoc-Analysen wird durch multiple Mittelwertvergleiche nach signifikanten Unterschieden zwischen Faktoren gesucht. Dabei werden die einzelnen Faktorstufen immer paarweise verglichen. Der Tukey-B-Test basiert auf einer Wahrscheinlichkeit von 95 Prozent mit einem Fehlerniveau von fünf Prozent. In der Praxis würde dies bedeuten, dass sich zwei Merkmale mit 95-prozentiger Wahrscheinlichkeit signifikant unterscheiden ([www.uni-wuerzburg.de](http://www.uni-wuerzburg.de), abgerufen am 1. Februar 2012).

Neben SPSS Statistics gibt es noch andere Programme, wie zum Beispiel STATA, BMDP, SAS oder P-STAT, mit denen ähnliche Auswertungen möglich sind ([www.uni-bamberg.de](http://www.uni-bamberg.de), abgerufen am 2. Jänner 2012).

## 4. Ergebnisse

### 4.1. $N_{min}$ -Gehaltswerte

Bei der ersten  $N_{min}$ -Beprobung am 12. April 2005 auf den drei Feldern war ein großer Unterschied erkennbar. Auf Feld A ergab sich ein Wert von knapp 160 Kilogramm Nitrat-Stickstoff pro Hektar, wobei mehr als die Hälfte davon in einer Bodenschicht von 31 – 60 cm festgestellt wurde. Auf Feld B sowie auf Feld C ergab die  $N_{min}$ -Untersuchung jeweils einen Gesamtwert von 80 Kilogramm Stickstoff, der in allen drei Bodenschichten gleichmäßig verteilt war.

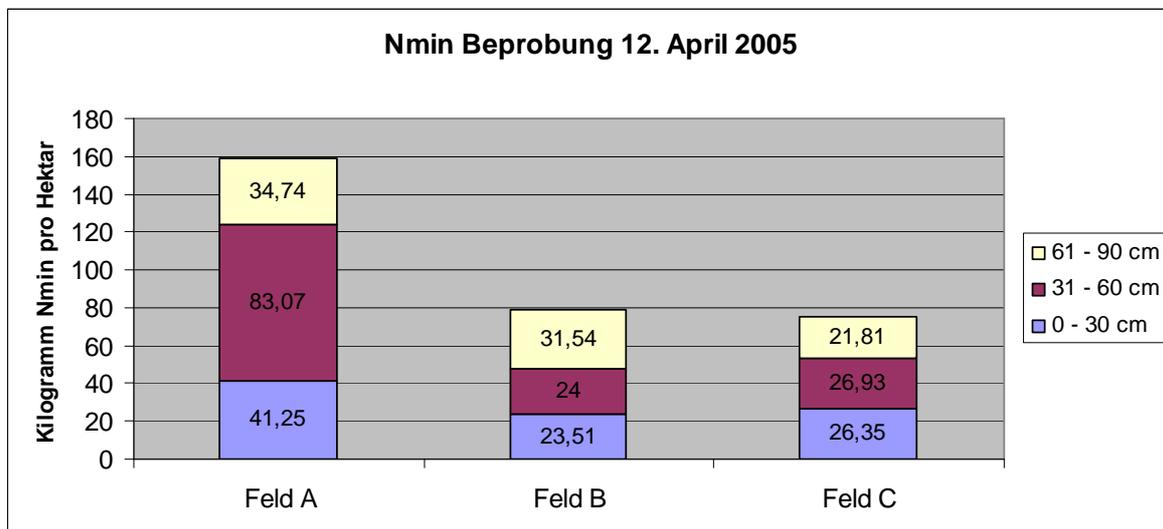
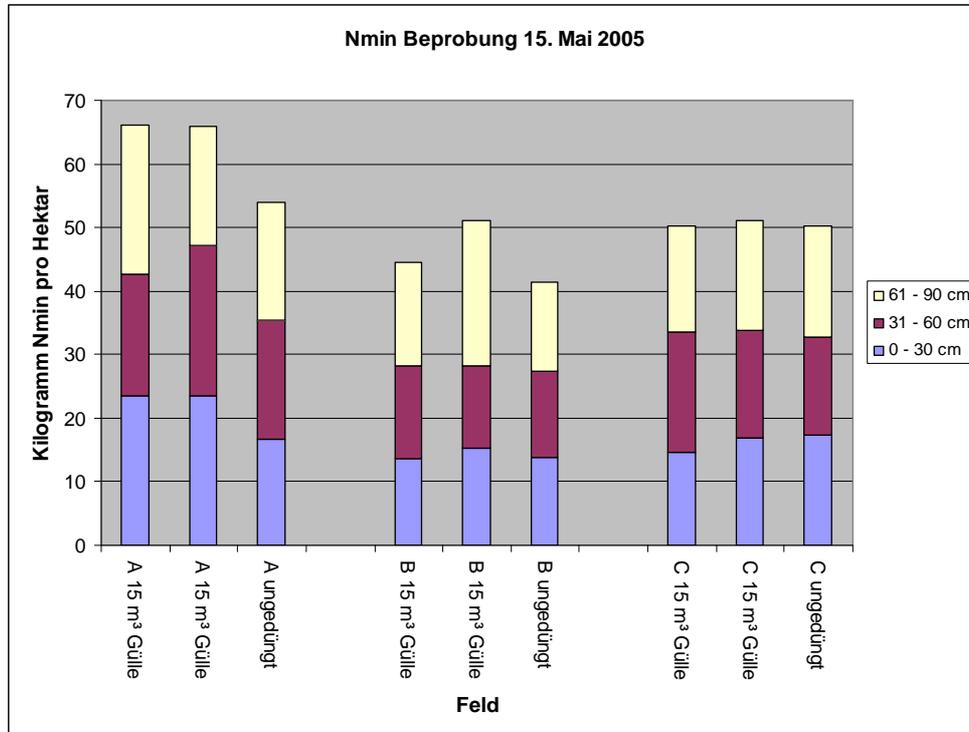


Abb. 10:  $N_{min}$  Beprobung 12. April 2005, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya

Einen Monat später erfolgte dann am 12. Mai die Düngung mit 15 m<sup>3</sup> Gülle (entspricht 27 kg bei 60 Prozent Wirksamkeit). Daraufhin wurden am 15. Mai erneut Bodenproben gezogen. Die Auswertung der  $N_{min}$ -Untersuchung ergab, dass etwa 65 Kilogramm am Feld A und jeweils 50 Kilogramm auf den Feldern B und C verfügbar waren.

Abbildung 11 zeigt, dass beim Beprobungstermin am 15. Mai 2005 nur auf Feld A unterschiedliche Gehaltswerte vorlagen. Der Stickstoff befand sich etwa zu gleichen Teilen in allen drei beprobten Bodenschichten.



**Abb. 11: N<sub>min</sub> Beprobung 15. Mai 2005, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya**

Abbildung 12 zeigt das Ergebnis der dritten  $N_{\min}$ -Beprobung, die am 28. Mai 2005 erfolgte. Dabei schwanken die  $N_{\min}$ -Werte im Schnitt zwischen 40 und 50 Kilogramm pro Hektar. Einzig auf Feld C auf der ersten Parzelle finden sich fast 60 Kilogramm. Die  $N_{\min}$ -Konzentration in der untersten Schicht (61 – 90 cm) ist jetzt mit circa 20 Kilogramm  $N_{\min}$  pro Hektar im Vergleich zu den darüber liegenden Schichten am höchsten (ausgenommen erste Probe Feld C 30 kg/ha).

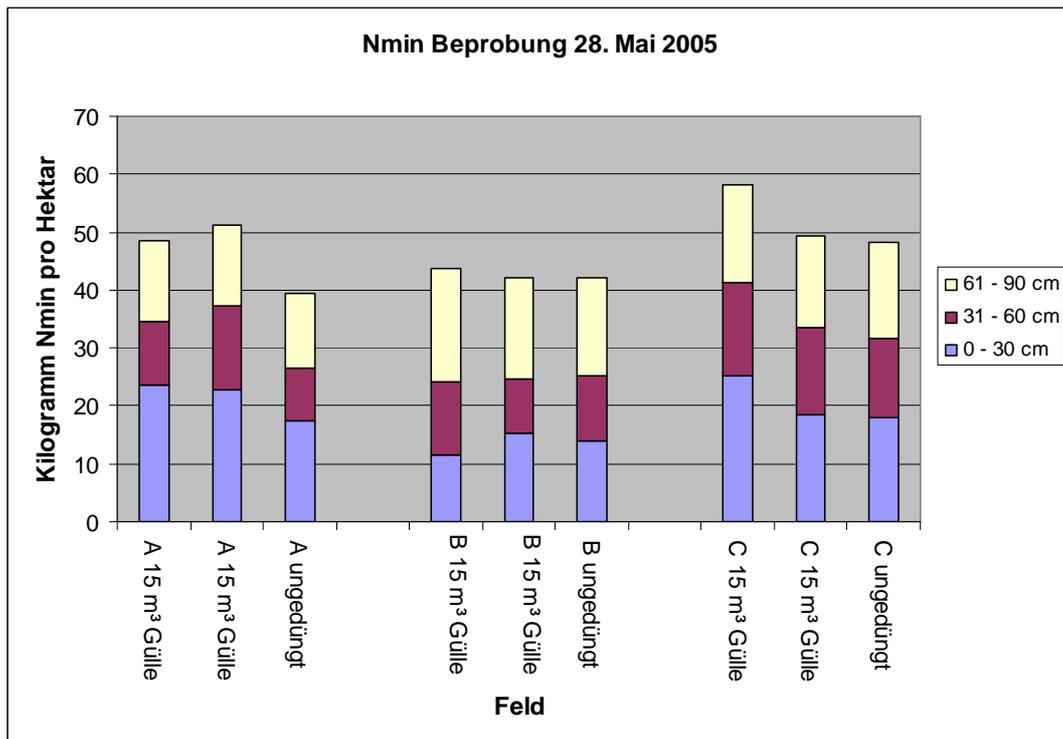


Abb. 12:  $N_{\min}$  Beprobung 28. Mai 2005, Betrieb Kadroschka Raabs/Thaya

Die Analyseergebnisse vom 7. Juni 2005 zeigten zwei Tage nach der Düngung mit 15 m<sup>3</sup> Gülle, dass die verfügbare Stickstoffmenge sich auf 30 bis 40 Kilogramm pro Hektar einpendelte, wobei im Unterboden (61 – 90 cm Bodentiefe) nur mehr knapp über zehn Kilogramm vorhanden waren. Die gedüngten Varianten waren – außer auf Feld B – höher versorgt.

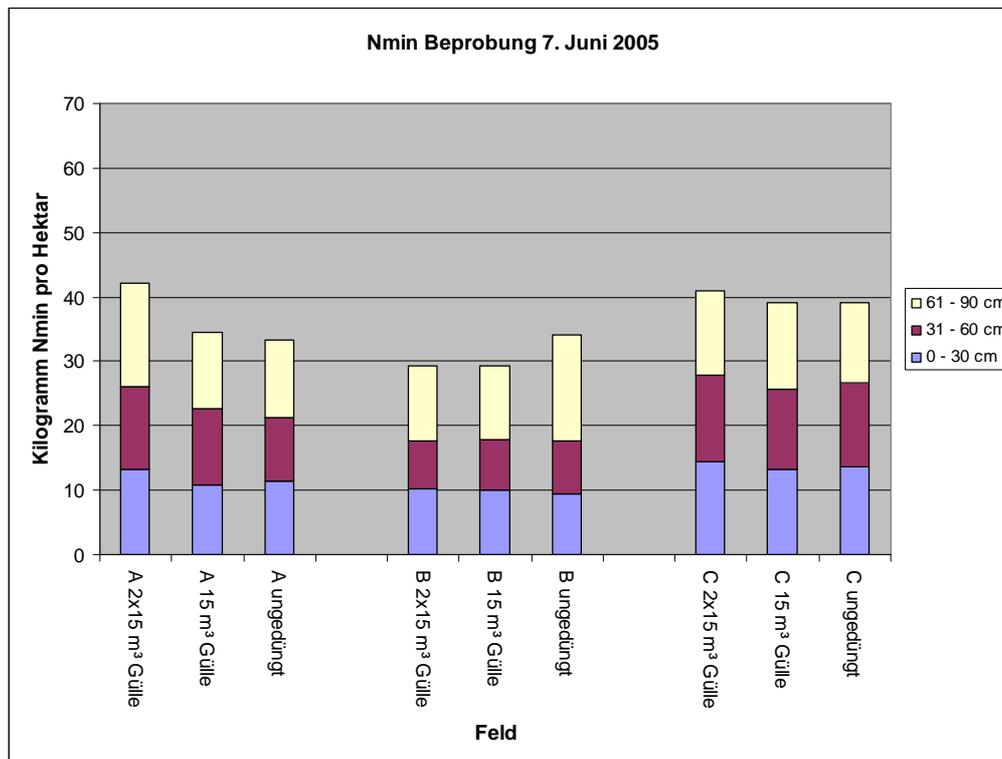


Abb. 13: N<sub>min</sub> Beprobung 7. Juni 2005, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya

## 4.2. Wachstums- und Entwicklungsverlauf

Der Weizen der Sorte Capo wurde am 15. und 16. Oktober 2004 auf den Versuchsfeldern gesät. Die gepflügten Felder wurden mit einer schweren Ackeregge eingeebnet, und danach wurde der Weizen mit einer schweren, gezogenen Drillkombination aus Federzinken, Crosskillwalze und Schleppschar-Sämaschine auf 12,5 cm Reihenweite gedreht. Die Saatstärke betrug auf allen drei Standorten 167 Kilogramm, dies entsprach bei einem Tausendkorngewicht von 46 Gramm und einer Keimfähigkeit von 95 Prozent 363 keimfähigen Körnern pro Quadratmeter.

Der Bestand lief trotz optimalem Saattermin nur noch auf, kam über das Einblattstadium vor Wintereinbruch nicht hinaus. Es folgte ein sehr langer, kalter Winter mit Dauerfrost von Mitte Januar bis Mitte März (siehe Abbildung 7 „Temperaturverlauf 2005“). Erst ab 16. März stiegen die Tagestemperaturen wesentlich über den Gefrierpunkt. Die äußerst geringe

Bestockung ließ den Stoppel-Weizenbestand sehr dünn erscheinen. Der Weizen nach Klee und Körnererbse war optisch etwas dichter und hatte auch besser bestockt, jedoch auch dort nicht alle Pflanzen.

Von Mitte April bis zur ersten N-Düngung herrschte bei ausreichendem Niederschlag eine durchschnittliche Mittagstemperatur von 10 bis 15 Grad Celsius. Am 12. Mai, kurz nach Schossbeginn, erfolgte die erste Düngung. Während des Schossens fiel wieder ausreichend Niederschlag bei hohen Temperaturen. Die Pflanzen bildeten kräftige Haupttriebe, vor allem auf Feld A.

Zum Zeitpunkt der Spätdüngung am 5. Juni erfolgte das Ährenschieben (EC-Stadium 50). Am 20. Juli waren alle Ähren vollständig sichtbar. Während der Blüte herrschte heißes, sonniges Wetter, begleitet von Gewittern. Besonders beim Stoppelweizen war die Wuchshöhe sehr kurz mit einer Höhe von 70 bis 80 cm. Im Gegensatz dazu belief sich die Höhe der Pflanzen auf Feld A auf circa 120 cm, wobei die Ähren auch hier optisch relativ kurz waren. Die Gelbreife wurde nach etwa vier Wochen erreicht, wobei sich am 22. Juli fast alle Pflanzen zumindest in diesem Stadium befanden. In den vier Wochen herrschten eher milde Mittagstemperaturen bei überdurchschnittlich hohem Niederschlag. In der Zeit vom 22. Juli bis zur Ernte am 5. August gab es keinen Niederschlag mehr, der Bestand reifte schnell ab und konnte daraufhin unter perfekten Bedingungen geerntet werden. Die Kornfeuchte bei der Ernte betrug 14,8 Prozent.

### 4.3. Ährentragende Halme pro Quadratmeter

Im Mittel ergaben sich 135 Ähren/m<sup>2</sup>, wobei sich in jeder Ähre zwischen 18 und 34 Körner befanden (siehe nachfolgende Tabelle):

**Tab. 6: Ährenzahl/m<sup>2</sup> und Kornzahl pro Ähre, Winterweizen, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005**

	Feld A - Halme pro m <sup>2</sup>	Feld A - Körner pro Ähre	Feld B - Halme pro m <sup>2</sup>	Feld B - Körner pro Ähre	Feld C - Halme pro m <sup>2</sup>	Feld C - Körner pro Ähre
2x15 m <sup>3</sup> Gülle	475	30,40	421	30,20	335	24,00
1x15 m <sup>3</sup> Gülle	472	27,33	421	28,13	326	21,60
ungedüngt	460	27,20	416	28,53	327	19,87

#### 4.4. Kornzahl pro Ähre

Wie aus Tabelle 6 ersichtlich ist, betrug die Kornzahl pro Ähre zwischen 19 und 32 (ohne Schmachtkörner).

Die statistische Verrechnung (ANOVA, siehe Seite 53) zeigte, dass es im Vergleich aller Parzellen bei der Kornzahl pro Ähre keinen signifikanten Unterschied gab. Die Kontrolle durch den Tukey-B-Test bestätigte dies.

**Tab. 7: Kornzahl pro Ähre Vergleich, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005**

Tukey-B-Test<sup>a</sup>

Variante	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.
		1
ungedüngt	9	25,33
1 x gedüngt	9	25,67
2 x gedüngt	9	28,33

Die Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen werden angezeigt.

a. Verwendet ein harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 9,000.

Die Weizenähren der beiden Felder A und B, auf denen Leguminosen als Vorfrucht angebaut waren, unterschieden sich mit jeweils circa 30 gezählten Körnern nur gering. Das Feld mit dem Stoppelweizen hingegen brachte es nur auf knapp über 20 Körner pro Ähre. Es war weiters gut erkennbar, dass der Unterschied fast ausschließlich zwischen den Feldern auftrat und sonst nur die zweifach gedüngte Variante gering höher in der Kornzahl pro Ähre lag.

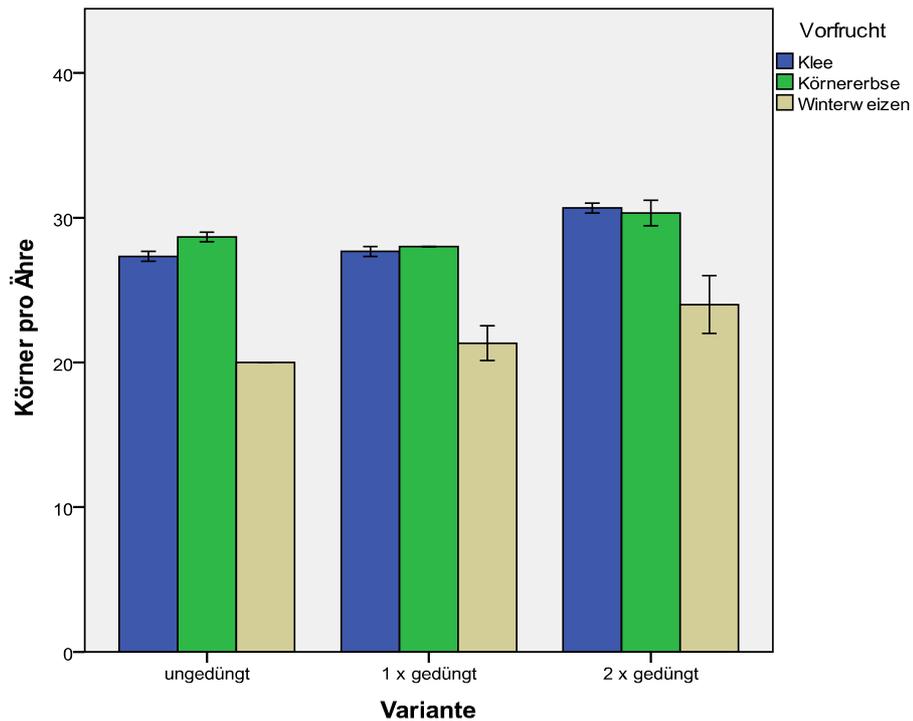


Abb. 14: Körner pro Ähre alle Versuchsvarianten, Betrieb Kadroschka Raabs/Thaya, 2005

#### 4.5. Kornertrag

Der Kornertrag ergab eine große Schwankungsbreite. Der ungedüngte Stoppelweizen brachte einen Ertrag von 2.400 Kilogramm pro Hektar, wobei nach Rotklee knapp über 6.000 Kilogramm am Hektar geerntet wurden. Das zeigt, dass der Unterschied beim Kornertrag am gleichen Feld um ein Vielfaches geringer ist als zwischen den drei Feldern.

**Tab. 8: Ertrag in kg pro Hektar, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005**

**Ertrag (in kg pro Hektar) Feld A, B, C**

Tukey-B-Test<sup>a</sup>

Variante	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.
		1
ungedüngt	9	4146,7778
1 x gedüngt	9	4501,2222
2 x gedüngt	9	4855,5556

Die Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen werden angezeigt.

a. Verwendet ein harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 9,000.

Der Tukey-B-Test zeigt, dass sich alle drei Varianten im Ertrag signifikant voneinander unterscheiden, wenn der vorfruchtbedingte Nährstoffversorgungsgrad ausgeschaltet ist und jedes Feld für sich beurteilt wird.

**Tab. 9: Ertrag in kg pro Hektar Feld A, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005**

**Ertrag (in kg pro Hektar) Feld A**

Tukey-B-Test<sup>a</sup>

Variante	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.		
		1	2	3
ungedüngt	3	5279,6667		
1 x gedüngt	3		5776,3333	
2 x gedüngt	3			6056,3333

Die Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen werden angezeigt.

a. Verwendet ein harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 3,000.

Die zweifach N-gedüngte Variante unterschied sich mit hoher Wahrscheinlichkeit von der ungedüngten Variante, die einfach gedüngte von keiner der beiden anderen.

**Tab. 10: Ertrag in kg pro Hektar Feld B, Betrieb Kadroschka Raabs/Thaya, 2005****Ertrag (in kg pro Hektar) Feld B**Tukey-B-Test<sup>a</sup>

Variante	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.	
		1	2
ungedüngt	3	4561,6667	
1 x gedüngt	3	4780,0000	4780,0000
2 x gedüngt	3		5052,6667

Die Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen werden angezeigt.

a. Verwendet ein harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 3,000.

Der nachfolgende Tukey-B-Test zeigt einen signifikanten Unterschied bei allen drei N-Düngungsvarianten.

**Tab. 11: Ertrag in kg pro Hektar Feld C, Betrieb Kadroschka Raabs/Thaya, 2005****Ertrag (in kg pro Hektar) Feld C**Tukey-B-Test<sup>a</sup>

Variante	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.		
		1	2	3
ungedüngt	3	2599,0000		
1 x gedüngt	3		2947,3333	
2 x gedüngt	3			3457,6667

Die Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen werden angezeigt.

a. Verwendet ein harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 3,000.

Mit etwa 4.750 Kilogramm (+/- 400 kg) lag der Kornertrag auf Feld B etwa 1.000 Kilogramm unter Feld A, jedoch noch 2.000 Kilogramm über dem Stoppelweizen. Die Streubreite der einzelnen Versuchspartellen der gleichen Variante war immer sehr gering (+/- 150 kg). Zusätzlich lässt sich hier sehr gut erkennen, dass die Schossergabe und die Spätdüngung einen Mehrertrag von 800 Kilogramm pro Hektar Korn ergaben.

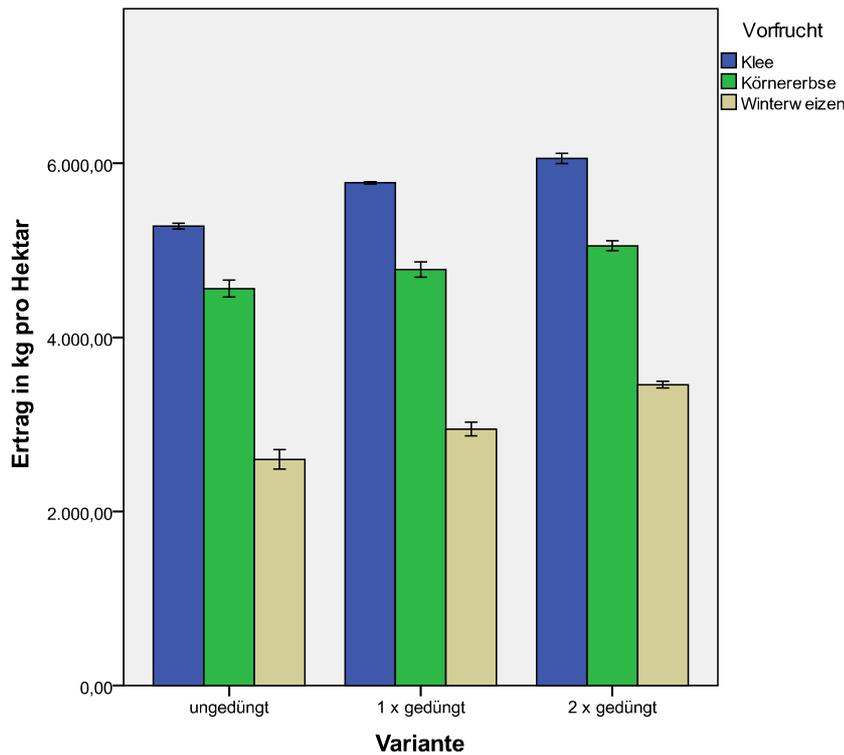


Abb. 15: Ertrag in kg pro Hektar alle Versuchsvarianten, Betrieb Kadroschka Raabs/Thaya, 2005

#### 4.6. Strohertrag

Der Strohertrag lag auf den N-Nulldüngungsparzellen bei 3.000 kg/ha (540 kg für 3x600 m<sup>2</sup>). Bei den einmal N-gedüngten Parzellen ergab sich ein Ertrag von 3.110 kg (560 kg für 3x600 m<sup>2</sup>) und die zweimal N-gedüngten Parzellen ergaben 3.750 kg (675 kg für 3x600 m<sup>2</sup>). Die Strohertragsmengen beziehen sich auf eine Ernte ohne Stoppeln. Rechnet man allerdings die Stoppeln hinzu, ergäbe dies etwa 12,5 Prozent mehr Strohertrag (15 cm Stoppellänge von 120 cm Pflanzenlänge).

Die Bröckel-Verluste belaufen sich erfahrungsgemäß, in Abhängigkeit von der Brüchigkeit des Stroh, auf fünf bis zehn Prozent. Das Korn-Stroh-Verhältnis auf Feld A betrug im Durchschnitt 1 : 0,6. Auf den beiden anderen Feldern war es ähnlich.

#### 4.7. Ausgewählte Qualitätskriterien

In der folgenden Tabelle sind der Hektarertrag in Kilogramm, der Rohproteingehalt in Prozent, das Tausendkorngewicht und das Hektolitergewicht mit den jeweiligen Versuchsvarianten dargestellt.

**Tab. 12: Ausgewählte Qualitätskriterien bei Bioweizen und unterschiedlicher N-Düngung, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005**

	2x15 m <sup>3</sup> Gülle	1x15 m <sup>3</sup> Gülle	ungedüngt
Feld A – Hektarertrag in kg	6.060	5.780	5.280
Feld B – Hektarertrag in kg	5.050	4.780	4.560
Feld C – Hektarertrag in kg	3.460	2.950	2.600
Feld A – Rohprotein %	13,8	13,6	11,3
Feld B – Rohprotein %	12,1	11,9	9,8
Feld C – Rohprotein %	13,1	12,8	9,9
Feld A – Tausendkorngewicht	42,3	45,2	41,4
Feld B – Tausendkorngewicht	39,8	40,0	38,3
Feld C – Tausendkorngewicht	42,9	42,0	39,8
Feld A – Hektoliter	85,9	85,7	85,7
Feld B – Hektoliter	85,5	85,3	85,1
Feld C - Hektoliter	84,9	84,4	84,9

#### 4.7.1. Hektolitergewicht

Beim Hektolitergewicht ergab sich zwischen den drei Feldern kein signifikanter Unterschied.

**Tab. 13: HL Vergleich, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005**

#### HL Feld A, B, C

Tukey-B-Test<sup>a</sup>

Variante	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.
		1
1 x gedüngt	9	85,1333
ungedüngt	9	85,2333
2 x gedüngt	9	86,2111

Die Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen werden angezeigt.

a. Verwendet ein harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 9,000.

Auf keinem der drei Felder ergab sich beim Hektolitergewicht durch die unterschiedliche N-Düngung ein statistisch belegbarer Unterschied.

**Tab. 14: HL Feld A, Betrieb Kadroschka Raabs/Thaya, 2005****HL Feld A**Tukey-B-Test<sup>a</sup>

Variante	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.
		1
ungedüngt	3	85,7000
1 x gedüngt	3	85,7000
2 x gedüngt	3	85,9000

Die Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen werden angezeigt.

a. Verwendet ein harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 3,000.

**Tab. 15: HL Feld B, Betrieb Kadroschka Raabs/Thaya, 2005****HL Feld B**Tukey-B-Test<sup>a</sup>

Variante	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.
		1
ungedüngt	3	85,1000
1 x gedüngt	3	85,3000
2 x gedüngt	3	86,1667

Die Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen werden angezeigt.

a. Verwendet ein harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 3,000.

Tab. 16: HL Feld C, Betrieb Kadroschka Raabs/Thaya, 2005

**HL Feld C**

Tukey-B-Test<sup>a</sup>

Variante	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.
		1
1 x gedüngt	3	84,4000
ungedüngt	3	84,9000
2 x gedüngt	3	86,5667

Die Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen werden angezeigt.

a. Verwendet ein harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 3,000.

Das Hektolitergewicht lag bei 85 Kilogramm pro 100 Liter. Es traten nur geringe Unterschiede (maximal ein Kilogramm) auf. Dabei machte es keinen Unterschied, ob man die Felder untereinander oder nur die Varianten für sich verglich.

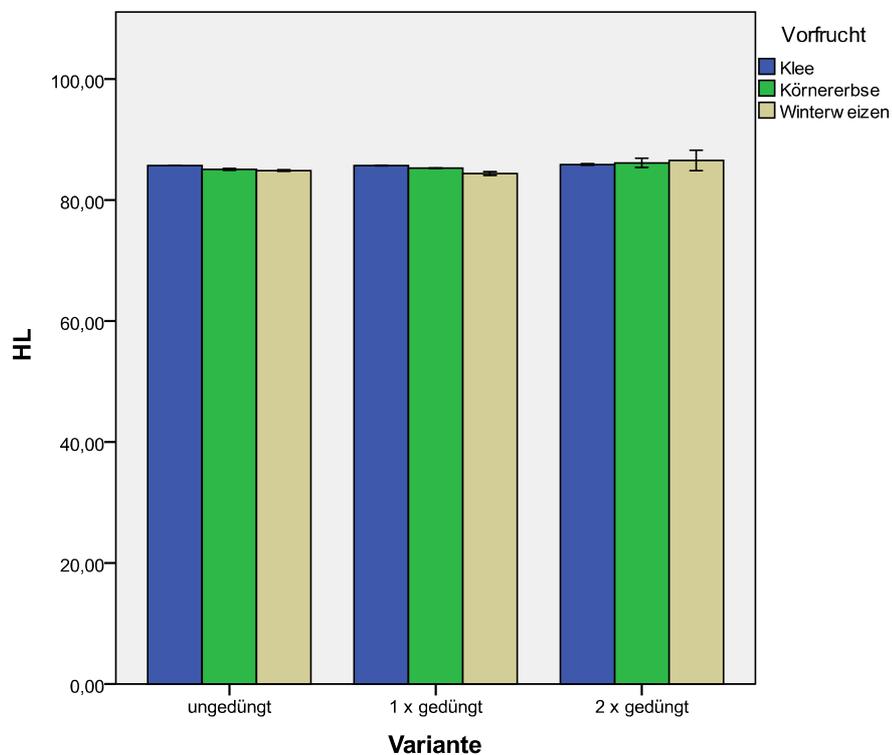


Abb. 16: Hektolitergewicht, Betrieb Kadroschka Raabs/Thaya, 2005

### 4.7.2. Tausendkorngewicht

Im Vergleich des Tausendkorngewichtes aller Parzellen zeigte sich, dass die zweimal gedüngte Variante sich von keiner der beiden anderen signifikant unterschied. Die N-Null-Parzelle hingegen unterschied sich von der einmal gedüngten Parzelle.

Tab. 17: TKG Vergleich, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005

#### TKG Feld A, B, C

Tukey-B-Test<sup>a</sup>

Variante	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.	
		1	2
ungedüngt	9	39,8333	
2 x gedüngt	9	41,6667	41,6667
1 x gedüngt	9		42,5333

Die Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen werden angezeigt.

a. Verwendet ein harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 9,000.

Der Tukey-B-Test zeigt, dass sich die einfach gedüngte Variante beim Tausendkorngewicht von der ungedüngten und der zweifach gedüngten Variante signifikant unterschied.

Tab. 18: TKG Feld A, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005

#### TKG Feld A

Tukey-B-Test<sup>a</sup>

Variante	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.	
		1	2
ungedüngt	3	41,4000	
2 x gedüngt	3	42,3000	
1 x gedüngt	3		45,2000

Die Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen werden angezeigt.

a. Verwendet ein harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 3,000.

Bei Feld B ergab sich im Vergleich zu den beiden anderen Feldern kein signifikanter Unterschied beim Tausendkorngewicht.

Tab. 19: TKG Feld B, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005

**TKG Feld B**

Tukey-B-Test<sup>a</sup>

Variante	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.	
		1	
ungedüngt	3	38,3000	
2 x gedüngt	3	39,8000	
1 x gedüngt	3	40,4000	

Die Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen werden angezeigt.

a. Verwendet ein harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 3,000.

Beim Tausendkorngewicht auf Feld C zeigten sich Unterschiede zwischen den zwei gedüngten Varianten und der Null-Düngungsparzelle.

Tab. 20: TKG Feld C, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005

**TKG Feld C**

Tukey-B-Test<sup>a</sup>

Variante	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.	
		1	2
ungedüngt	3	39,8000	
1 x gedüngt	3		42,0000
2 x gedüngt	3		42,9000

Die Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen werden angezeigt.

a. Verwendet ein harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 3,000.

Beim Tausendkorngewicht lag die Schwankungsbreite zwischen 38,1 Gramm und 45,2 Gramm. Bei der einmal N-gedüngten Kleevariante wurde der höchste Wert mit 45,2 Gramm gemessen. Die Variante, bei der insgesamt 30 m<sup>3</sup> Gülle gedüngt wurden, fiel beim Tausendkorngewicht gegenüber der Variante, bei der nur die Schosserdüngung erfolgte, etwas zurück. Im Vergleich erzielte der Stoppelweizen stets ein höheres Tausendkorngewicht als der Weizen nach Vorfrucht Körnererbse.

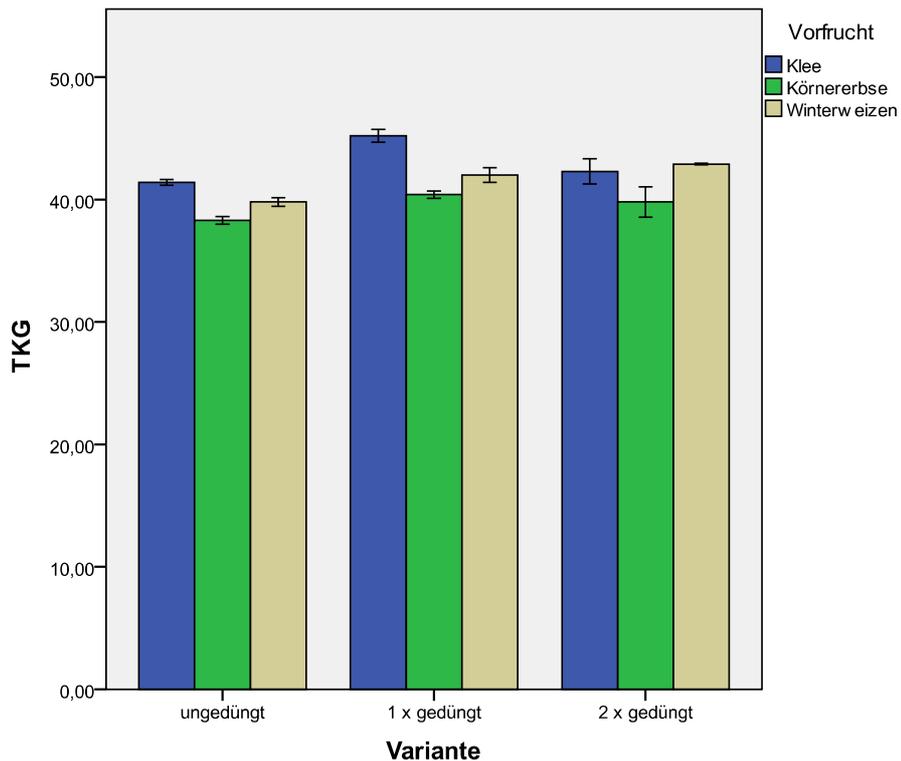


Abb. 17: TKG alle Versuchsvarianten, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005

### 4.7.3. Rohprotein

In der statistischen Auswertung zeigte sich mit Hilfe des Tukey-B-Testes, dass sich die Vergleichsparzelle mit einer Signifikanz von mindestens 95 Prozent von den N-gedüngten Varianten unterschied. Der Unterschied zwischen den N-gedüngten Varianten ist nicht signifikant.

Tab. 21: Protein in % Vergleich, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005

Protein in % Feld A, B, C			
Tukey-B-Test <sup>a</sup>			
Variante	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.	
		1	2
ungedüngt	9	10,3333	
1 x gedüngt	9		12,7667
2 x gedüngt	9		13,0000

Die Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen werden angezeigt.

a. Verwendet ein harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 9,000.

**Tab. 22: Protein in % Feld A, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005****Protein in % Feld A**Tukey-B-Test<sup>a</sup>

Variante	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.	
		1	2
ungedüngt	3	11,3000	
1 x gedüngt	3		13,6000
2 x gedüngt	3		13,8000

Die Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen werden angezeigt.

a. Verwendet ein harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 3,000.

**Tab. 23: Protein in % Feld B, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005****Protein in % Feld B**Tukey-B-Test<sup>a</sup>

Variante	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.	
		1	2
ungedüngt	3	9,8000	
1 x gedüngt	3		11,9000
2 x gedüngt	3		12,1000

Die Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen werden angezeigt.

a. Verwendet ein harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 3,000.

**Tab. 24: Protein in % Feld B, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005****Protein in % Feld C**Tukey-B-Test<sup>a</sup>

Variante	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.	
		1	2
ungedüngt	3	9,9000	
1 x gedüngt	3		12,8000
2 x gedüngt	3		13,1000

Die Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen werden angezeigt.

a. Verwendet ein harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 3,000.

Die Schwankungsbreite lag zwischen 9,6 Prozent, gemessen auf der Null-Parzelle „Stoppelweizen“, und 14,2 Prozent auf der Parzelle mit Vorfrucht Rotklee. Vergleicht man jeweils die ungedüngten Parzellen mit den zweifach N-gedüngten Parzellen, so ließ sich feststellen, dass der Rohproteingehalt sogar bis zu drei Prozent (absoluter Wert) höher war. Zwischen den Varianten mit der Schoss- und der Spätdüngung gab es keinen messbaren Unterschied (maximal 0,3 Prozent absoluter Wert). Der Rohproteingehalt im Weizen nach der Vorfrucht Rotklee lag um knapp ein Prozent höher als bei den beiden anderen Varianten (praktisch keine Differenz erkennbar).

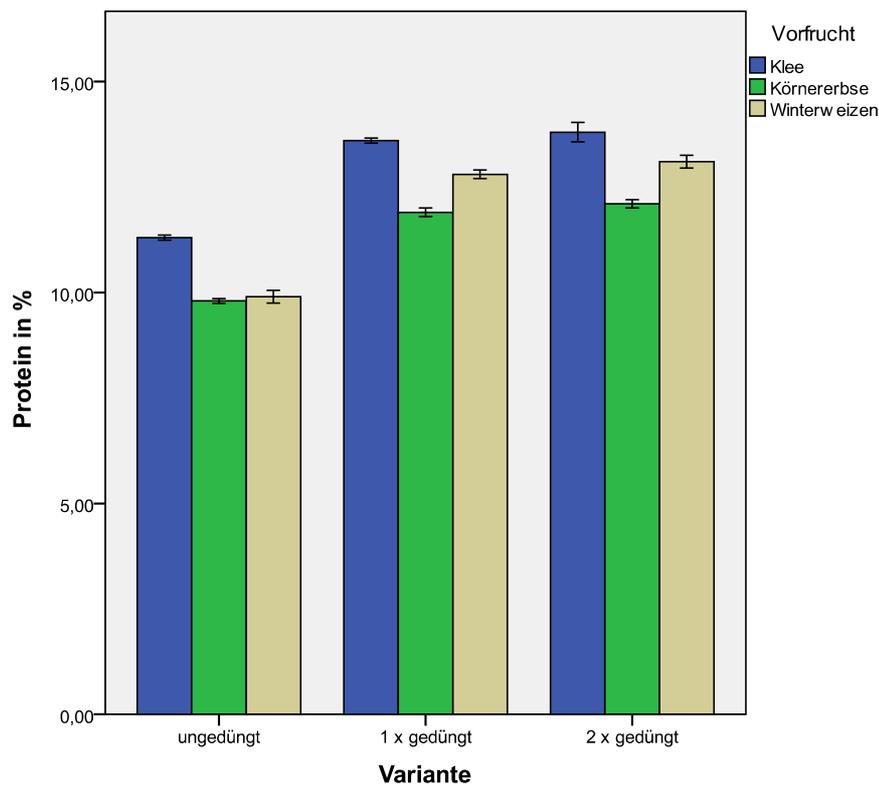


Abb. 18: Protein in % alle Versuchsvarianten, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005

#### 4.8. Statistische Verrechnung aller Varianten

In der Tabelle 25 wurden alle drei Feldstücke und Varianten gleichzeitig verrechnet:

Tab. 25: Ausgewählte Daten Feldversuch, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005

ONEWAY ANOVA						
		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Ertrag in kg pro Parzelle	Zwischen den Gruppen	8151,520	2	4075,760	,788	,466
	Innerhalb der Gruppen	124133,637	24	5172,235		
	Gesamt	132285,156	26			
Ertrag in kg pro Hektar	Zwischen den Gruppen	2260646,741	2	1130323,370	,787	,467
	Innerhalb der Gruppen	34486391,333	24	1436932,972		
	Gesamt	36747038,074	26			
Protein in %	Zwischen den Gruppen	39,260	2	19,630	34,189	,000
	Innerhalb der Gruppen	13,780	24	,574		
	Gesamt	53,040	26			
TKG	Zwischen den Gruppen	34,207	2	17,103	4,646	,020
	Innerhalb der Gruppen	88,360	24	3,682		
	Gesamt	122,567	26			
HL	Zwischen den Gruppen	6,383	2	3,191	3,000	,069
	Innerhalb der Gruppen	25,529	24	1,064		
	Gesamt	31,912	26			
Körner pro Ähre	Zwischen den Gruppen	48,667	2	24,333	1,718	,201
	Innerhalb der Gruppen	340,000	24	14,167		
	Gesamt	388,667	26			

Das Ergebnis zeigt, dass die Unterschiede bei Ertrag und Kornzahl, sowie bei Kornzahl pro Ähre und weiters beim Hektolitergewicht nicht signifikant waren (Wert tendiert gegen 0,5). Eindeutige Signifikanz ergab sich jedoch bei den Proteinwerten und dem Tausendkorngewicht. Zur Berechnung der signifikanten Werte wurde der Tukey-B-Test durchgeführt.

**Feld A (Weizen mit Vorfrucht Rotklee):**

Am Feld A mit der Vorfrucht Rotklee ergab sich beim Weizen eine signifikante Differenz bei allen angeführten Parametern, außer beim Hektolitergewicht.

**Tab. 26: Oneway Anova Feld A, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005**

		ONEWAY ANOVA				
		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Ertrag in kg pro Hektar	Zwischen den Gruppen	928288,889	2	464144,444	93,944	,000
	Innerhalb der Gruppen	29644,000	6	4940,667		
	Gesamt	957932,889	8			
Protein in %	Zwischen den Gruppen	11,580	2	5,790	96,500	,000
	Innerhalb der Gruppen	,360	6	,060		
	Gesamt	11,940	8			
TKG	Zwischen den Gruppen	23,660	2	11,830	8,430	,018
	Innerhalb der Gruppen	8,420	6	1,403		
	Gesamt	32,080	8			
HL	Zwischen den Gruppen	,080	2	,040	2,400	,171
	Innerhalb der Gruppen	,100	6	,017		
	Gesamt	,180	8			

**Feld B (Weizen mit Vorfrucht Körnererbse):**

Wie an der Signifikanz zu erkennen ist, gab es hier nur Unterschiede beim Ertrag pro Hektar und beim Proteinwert.

**Tab. 27: Oneway Anova Feld B, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005**

ONEWAY ANOVA						
		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Ertrag in kg pro Hektar	Zwischen den Gruppen	363097,556	2	181548,778	9,010	,016
	Innerhalb der Gruppen	120897,333	6	20149,556		
	Gesamt	483994,889	8			
Protein in %	Zwischen den Gruppen	9,740	2	4,870	208,714	,000
	Innerhalb der Gruppen	,140	6	,023		
	Gesamt	9,880	8			
TKG	Zwischen den Gruppen	7,020	2	3,510	2,010	,215
	Innerhalb der Gruppen	10,480	6	1,747		
	Gesamt	17,500	8			
HL	Zwischen den Gruppen	1,929	2	,964	1,544	,288
	Innerhalb der Gruppen	3,747	6	,624		
	Gesamt	5,676	8			

**Feld C (Weizen mit Vorfrucht Weizen):**

Auch der Stoppelweizen zeigte für sich gerechnet bei den Varianzen ein ähnliches Bild wie die Felder A und B. Es trat Signifikanz beim Ertrag, beim Protein und beim Tausendkorngewicht auf.

**Tab. 28: Oneway Anova Feld C, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005**

		ONEWAY ANOVA				
		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Ertrag in kg pro Hektar	Zwischen den Gruppen	1119084,667	2	559542,333	27,236	,001
	Innerhalb der Gruppen	123263,333	6	20543,889		
	Gesamt	1242348,000	8			
Protein in %	Zwischen den Gruppen	18,740	2	9,370	165,353	,000
	Innerhalb der Gruppen	,340	6	,057		
	Gesamt	19,080	8			
TKG	Zwischen den Gruppen	15,260	2	7,630	15,362	,004
	Innerhalb der Gruppen	2,980	6	,497		
	Gesamt	18,240	8			
HL	Zwischen den Gruppen	7,722	2	3,861	1,339	,331
	Innerhalb der Gruppen	17,307	6	2,884		
	Gesamt	25,029	8			

## 5. Diskussion

Der Biolandbau hat sich in den vergangenen Jahren auch in den Ackerbaugebieten ausgeweitet. Aufgrund der anhaltenden, allgemeinen Debatte über Umweltschutz, Nachhaltigkeit und gesunde Lebensmittel wird erwartungsgemäß dieser Trend auch weiterhin anhalten.

Um auch auf viehlos bewirtschafteten Betrieben langfristig ausreichende Kornerträge zu erzielen beziehungsweise hochwertige Rohstoffe für Nahrungsmittel zu erzeugen, ist es erforderlich, den Hauptnährstoff Stickstoff zur optimalen Zeit und in ausreichender Menge der Pflanze zur Verfügung zu stellen.

Da Dünger auf biologischer Basis in größerer Menge kaum verfügbar beziehungsweise meist teuer ist, suchen biologisch wirtschaftende Landwirte nach Möglichkeiten, die Erträge und Qualität der Feldfrüchte zu sichern. Durch eine Leguminosen betonte Fruchtfolge ist dies, wie vielfach in der Literatur angeführt, bis zu einem gewissen Grad möglich (FARTHOFER et al. 2003).

In der angeführten Arbeit wurden daher unterschiedliche Vorfrüchte auf den Feldern A und B (Rotklee und Körnererbse) der Vorfrucht Weizen vor Weizen auf Feld C gegenübergestellt. Erwartungsgemäß erzielt der Weizen nach Rotklee auf den ungedüngten Parzellen einen hohen Ertrag bei guter Qualität. In Ackerbauregionen ist es schwierig, den Aufwuchs von Klee oder Klee gras gewinnbringend zu verwerten. Eine Möglichkeit dazu bieten Biogasanlagen, welche den Pflanzenaufwuchs über einen Gasmotor in Ökostrom umwandeln. Als Nebenprodukte fallen feste und flüssige Gärreste an, der höhere Anteil wird umgangssprachlich auch als Biogasgülle bezeichnet.

### **5.1. Biolandbau – Gärrest aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen**

Der Gärrest aus Biogasanlagen kann, ähnlich in Konsistenz und wertgebenden Inhaltsstoffen der Gülle aus Tierhaltung, zum erforderlichen Zeitpunkt zur Stickstoffdüngung gezielt ausgebracht werden. Als schwierig erweist sich, dass diese Anlagen zu einem Großteil mit einem Aufwuchs von biologisch bewirtschafteten Flächen betrieben werden müssen. Bei Einsatz sonstiger Substrate darf die Gülle nicht ausgebracht werden. In Silagen aus

Leguminosen befindet sich meist ein Stickstoff-Überschuss, der bei der Vergärung in den Fermentern der Anlagen Schwierigkeiten bereitet.

Der Stickstoffgehalt der Gärreste ist bei den Untersuchungsergebnissen, die sich im Rahmen dieser Diplomarbeit ergaben, relativ gering (siehe Kapitel 3.3.3 „Gärrest-Analysen“). Ebenso sind die Transportwege zu und von den Anlagen sehr kritisch zu betrachten. Bei kurzen Wegstrecken ist die Rentabilität meist gegeben, mit steigender Entfernung werden diese Anlagen jedoch schnell zur Kostenfalle. Auf diesen Punkt möchte ich allerdings in der vorliegenden Arbeit nicht weiter eingehen, da dies zu umfangreich wäre und diese Thematik außerdem vom pflanzenbaulichen Aspekt abweicht und eher der Betriebswirtschaft angerechnet wird.

Im Rahmen der Untersuchungen konnten quantifizierbare Ergebnisse ermittelt werden. Die verschiedenen Weizenbestände wurden mit 15 m<sup>3</sup> beziehungsweise mit 30 m<sup>3</sup> Gärreste gedüngt, und parallel dazu wurden N<sub>min</sub>-Beprobungen gezogen, um etwaige Auswaschungsverluste zu erkennen. Das Ergebnis zeigt, dass unterschiedliche Nitrat-Werte im Boden festgestellt werden konnten. Entsprechend der Vorfrucht und der N-Düngung waren diese höher. Eine weitere Bestätigung dafür lieferte der höhere Ertrag, so wie auch vor allem die höheren Rohprotein-Werte, die mit belegbarer Sicherheit im Getreide auftraten. Diese Tatsache wurde doppelt bestätigt, da im Jahr 2005 überdurchschnittlich hohe Regenmengen im Zeitraum nach der erfolgten Düngung fielen und es trotzdem zu keiner belegbaren Auswaschung im Grundwasser kam.

## ***5.2. Einfluss einer unterschiedlichen Vorfrucht und einer Biogasgülledüngung auf den Kornertrag bei Winterweizen***

Der Kornertrag wurde durch beide N-Düngungen etwa im gleichen Maße gesteigert. Erwartungsgemäß war auf Feld C (Stoppelweizen) der Ertrag schon alleine aufgrund der Stickstoffnachlieferung der Vorfrucht wesentlich geringer. Die drei verschiedenen Weizenbestände nach unterschiedlicher Vorfrucht erreichten im Herbst 2004 vor Wintereinbruch nur mehr das Einblatt-Stadium. Der späte Vegetationsbeginn im Frühjahr 2005 führte dazu, dass die Weizenpflanzen nur sehr wenige oder keine Bestockungstriebe bildeten (keine Bestockungstriebe bei Stoppelweizen). Auf Feld A und auf Feld B erfolgte auch zu diesem Zeitpunkt eine etwas höhere Stickstoff-Nachlieferung, dies führte zu einer höheren Ährenzahl/m<sup>2</sup>. Da die Bestockung in direkter Konkurrenz zur Anlage der Ährchen

steht, wirkte sich der späte Vegetationsbeginn (schlechter Entwicklungsstart) doppelt negativ aus, wie es auch BORGMANN (1986) ermittelte.

Die erste  $N_{\min}$ -Untersuchung im April 2005 ergab, dass mit 160 Kilogramm  $N_{\min}$  beim Feld A und je circa 80 Kilogramm auf den Feldern B und C zu diesem Zeitpunkt genug mineralisierter Stickstoff verfügbar war. Auffällig war dabei, dass das Feld B im Vergleich zu Feld C üppiger erschien. Das bestätigt auch die bei der Ernte ermittelte Zahl der Pflanzen pro Quadratmeter. Die Weizenbestände, die in der Fruchtfolge nach den Leguminosen gestellt waren, wiesen eine um 20 bis 30 Prozent höhere Pflanzendichte auf als der Stoppelweizen. Außerdem verbraucht beim Stoppelweizen auch die Strohrotte Stickstoff und konkurriert dadurch mit dem Pflanzenbestand. Beim Weizenbestand mit der Vorfrucht Rotklee erkennt man anhand der  $N_{\min}$ -Untersuchung, dass eine sehr hohe Menge an Nährstoffen schon wenige Wochen nach Vegetationsbeginn zur Verfügung stand.

Allgemeiner Wissensstand ist, dass gerade Futterleguminosen über einen längeren Zeitraum hinweg der Nachfrucht hohe Mengen an mineralisiertem Stickstoff zur Verfügung stellen. Aus dem Säulendiagramm „Ertrag in Kilogramm pro Hektar bei allen Versuchsvarianten“ (Abbildung 15) geht hervor, dass der Weizenbestand nach Vorfrucht Körnererbse in Hinsicht auf den Ertrag nicht wesentlich hinter Feld A lag. Bei der Vorfrucht Körnererbse war trotz der N-Düngung in der Kornfüllungsphase nicht genügend Stickstoff vorhanden, um den Rohproteingehalt in einem Maß zu erhöhen, wie es bei den Feldern B und C nach der Vorfrucht Klee gras bzw. Weizen der Fall war.

Die Schossdüngung vom 12. Mai 2005 sollte die Anlage der Blüten pro Ährchen erhöhen, welche die Kornzahl pro Spindelstufe vorgeben. Bei der  $N_{\min}$ -Beprobung vom 28. Mai konnten auf den gedüngten Parzellen höhere  $N_{\min}$ -Werte festgestellt werden, die auf die Düngung zurückzuführen waren. Am 5. Juni erfolgte dann die N-Spättdüngung. Jene Pflanzenbestände, die nochmals eine N-Düngung erhielten, bildeten um ca. zehn Prozent mehr Körner pro Ähre aus als die beiden anderen Varianten. Dies war letztendlich ausschlaggebend für den höheren Kornertrag (verglichen mit der einfach N-gedüngten Variante).

Die Sorte „Capo“ ist gegenüber Witterung, Anbautermin, Temperatur und Feuchtigkeit tolerant. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass besonders der Capo etwaige Ertragsverluste auch bei späten Saatterminen oder bei kurzem Bestockungszeitraum im Frühjahr noch in der Kornfüllung sehr gut ausgleichen kann (GROSSLERCHER 2012). Erwartungsgemäß hat sich dies in der Diplomarbeit bestätigt.

Der Verlauf der Witterung in den Monaten Juni und Juli 2005 (hoher Niederschlag bei nicht zu heißen Temperaturen) führte vor allem bei den beiden gedüngten Varianten zu höherem Tausendkorngewicht, sowie bei der gesamten Weizenernte zu sehr hohem Hektolitergewicht. Bei der Verrechnung aller Varianten kam es zu keiner signifikanten Erhöhung des Kornertrages. Dies ist dadurch zu erklären, da der vorfruchtbedingte Ertragsunterschied wesentlich höher als der düngerbedingte Ertragsunterschied war. Bei getrennter Beurteilung der einzelnen Felder konnte im Jahr 2005 ein statistisch belegbarer Ertragsunterschied festgestellt werden.

Der Strohertrag war im Jahr 2005 gering. Beim Weizen nach der Vorfrucht Rotklee konnten 3.700 Kilogramm pro Hektar erzielt werden. Die Konkurrenz zwischen den generativen und vegetativen Teilen der Pflanze trat nicht so stark in den Vordergrund und die Nährstoffe standen zu einem größeren Teil für die Ähren bereit. Eine Tonne Stroh enthält ca. fünf kg Stickstoff, somit wurden ca. 15 bis 20 kg N im Stroh gebunden (<http://www.kompost.de>, abgerufen am 13. Jänner 2012).

Das Tausendkorngewicht zeigt ein ähnliches Bild wie der Rohproteingehalt. Die N-gedüngten Varianten lagen etwas höher als die ungedüngten. Im Vergleich der Felder wies der Weizen von Feld A erwartungsgemäß das höchste Tausendkorngewicht auf. Da die Stickstoffmineralisierung auf Feld B zur Ernte hin sehr niedrig war, kam es zu einer Konkurrenz bei dem begrenzten Nährstoffangebot. Die Vorfrucht Rotklee ergab für den Bestand auf Feld A genug  $N_{\min}$ . Auf Feld C reichte der gedüngte Stickstoff aus, um ein höheres Tausendkorngewicht als auf Feld B zu erzielen. Anhand der  $N_{\min}$ -Beprobungsergebnisse war zu erkennen, dass die Mineralisierung auf Feld B ab der zweiten Probeziehung immer am geringsten war.

*Eine Gärrestdüngung – speziell mit Biogasgülle – führte  
zu einer Erhöhung der Qualität des Weizens.*

### **5.3. Ausgewählte Qualitätsparameter bei Winterweizen nach unterschiedlicher Vorfrucht und Gärrestdüngung**

Im Kapitel 2.1.6 wurden bereits die Qualitätsparameter angeführt. Bekannt ist, dass der Rohproteingehalt neben der Fallzahl den Marktpreis beeinflusst. Die Ernte erfolgte unter sehr guten Bedingungen und konnte sofort nach der Abreife, bevor die nächste Schlechtwetterfront kam, abgeschlossen werden. Die Fallzahl war daher bei allen Versuchspartellen mit über 420 Sekunden besonders hoch. Vergleicht man in der Abbildung

18 die Rohproteinwerte fällt auf, dass der Winterweizen nach der Vorfrucht Körnererbse bei allen N-Düngungsvarianten hinter dem Stoppelweizen lag. Dies könnte eine Folge der zu geringen Stickstoff-Nachlieferung der Körnererbse sein. Zum Zeitpunkt der Ertragsbildung war der  $N_{\min}$ -Gehaltswert auf Feld B hoch und erwartungsgemäß sollte der Kornertrag höher als auf Feld C sein. In der Phase der Kornfüllung und Nährstoffeinlagerung konnte die Stickstoffversorgung in entsprechender Höhe nicht mehr gewährleistet werden. Ein ähnliches Problem wurde auch auf der Nullparzelle beobachtet. Auf den gedüngten Parzellen reichte dort die Menge von 15 m<sup>3</sup> bzw. 30 m<sup>3</sup> Gärrest aus, sodass der Weizen aufgrund des wesentlich geringeren Ertrages um ca. einen Prozentpunkt (absolut) beim Proteinwert höher lag. Der Winterweizen mit der Vorfrucht Rotklee war dem Weizen von Feld B und Feld C in Bezug auf den Proteingehalt überlegen und erreichte für den Biolandbau einen sehr hohen Kornertrag und auch den höchsten Rohproteingehalt. Dieser wäre jedoch ohne die Gärrestdüngung nicht möglich gewesen, da die ungedüngte Parzelle nur 11,3 Prozent Rohprotein erzielte. Die Ergebnisse zeigen, dass Gärrest, zum optimalen Zeitpunkt und in richtiger Menge ausgebracht, einen signifikanten Erfolg bezüglich Kornertrag und bedeutende Qualitätsparameter ergibt.

Das Hektolitergewicht wurde weder von der Düngung noch von den unterschiedlichen Vorfrüchten in signifikanter Weise beeinflusst. Das nahezu gleich hohe Hektolitergewicht bei allen Versuchsvarianten lässt darauf schließen, dass im Jahr 2005 bei den Weizenbeständen auf den Versuchsfeldern perfekte Bedingungen ab der Kornfüllungsphase herrschten. Die hohe Nährstoffversorgung führte zu einer hohen Kornzahl/Ähre und zu einem hohen Tausendkorngewicht in den angeführten Winterweizenbeständen.

## 6. Zusammenfassung

Aufgrund der wachsenden Nachfrage nach biologisch produzierten Lebensmitteln müssen im Biolandbau auch steigende Mengen erzeugt werden. Die hohen Preise bei mineralischen Düngern und Pflanzenschutzmitteln verstärken diesen Trend zusätzlich. In einem Biobetrieb ist es wichtig, Erntegüter mit hoher Qualität zu produzieren, um ausreichende Preise zu erzielen. Dies gestaltet sich für Ackerbaubetriebe besonders schwierig, da sie meist nicht die Möglichkeit haben, organischen Dünger wie Mist oder Gülle in größerem Umfang einzusetzen.

Eine Möglichkeit bietet sich durch Ausbringung von Gärresten aus der Biogas-Erzeugung. Der Aufwuchs von Futterleguminosen, die in der Fruchtfolge auf biologisch wirtschaftenden Betrieben bedeutend sind, kann in Biogasanlagen zur Biogasproduktion eingesetzt werden. Der anfallende Gärrest kann gezielt bei anderen Kulturen als Dünger ausgebracht werden. Das Ziel dieser Diplomarbeit war, über einen Düngungsversuch aufzuzeigen, inwieweit der Ertrag und die Qualität von Weizen (Rohproteinwert) positiv beeinflusst werden. Dazu wurden auf einem Standort im niederösterreichischen Waldviertel, in der Nähe von Raabs an der Thaya, Versuchspartzen angelegt. Auf drei unterschiedlichen Partzen (Vorfrüchte Rotklee, Körnererbse, Weizen) wurde im Herbst 2004 Winterweizen gesät.

Bei jeder Versuchsvariante pro Feldstück (Vorfrucht) wurden jeweils drei N-Düngungspartzen angelegt. Dabei handelte es sich um eine ungedüngte Variante (drei Null-Partzen), eine Variante mit Schossdüngung (drei Partzen mit je 15 m<sup>3</sup> Gärrestdüngung) sowie um eine Variante mit Schoss- und Spätdüngung (drei Partzen mit je 2x15 m<sup>3</sup> Gärrestdüngung). Zur Beobachtung der mineralisierten Stickstoffmenge wurden N<sub>min</sub>-Proben aus Bodentiefen 0 – 30 cm, 31 – 60 cm und 61 – 90 cm gezogen und anschließend analysiert.

Während des Wachstumsverlaufes wurde der Winterweizenbestand bonitiert. Bei der Ernte wurden die Parameter Pflanzen pro m<sup>2</sup>, Kornzahl pro Ähre, Hektarertrag, Tausendkorngewicht, Hektolitergewicht und der Rohproteinwert erfasst. Die erzielten Daten wurden mit dem Statistikprogramm SPSS 19.0 ausgewertet. Es konnten signifikante Unterschiede festgestellt werden, vor allem beim Rohproteingehalt. Bei den mit Biogasgülle gedüngten Partzen lag der Wert um bis zu drei Prozent (absolut) höher als bei den ungedüngten Varianten. Ebenso ergaben sich im Kornertrag, bei der Kornzahl pro Ähre, im Hektolitergewicht sowie im Tausendkorngewicht signifikante Unterschiede.

Die Vorfrucht Futterleguminose war der Körnerleguminose Erbse in allen gemessenen Parametern überlegen.

## 7. Summary

Due to the growing demand for organic foodstuffs organic agriculture (bio-farming) enjoys increasing popularity. Rising prices for mineral fertilisers and pesticides intensify this trend. However, for any organic business it is equally important to produce high quality raw materials in order to command top prices. This in fact is especially difficult for arable farms as they usually are not able to obtain organic fertilizers like dung or liquid manure in larger quantities.

An opportunity is offered by utilizing digestate residues from biogas plants. The growth of herbaceous forage crops, which is a must in the crop rotation in organic farming, can be refined by biogas plants, and at the same time can the fermentation residues be specifically applied as organic fertilizer on other crops.

The goal of this thesis is to illustrate how the use of such liquid digestates may positively influence the quality of wheat (raw protein value). Therefore fertilizer experiments on three trial plots near Raabs upon the Thaya (Lower Austria) were conducted. The selected trial plots differ in the previous crop, namely red clover, grain peas and wheat, all cultivated in 2004.

Three experimental variants per trial plot with three repetitions were created. Among them is one natural variant ('zero-parcel'), one variant with distribution at mid growing season (three parcels being fertilized with 15m<sup>3</sup> digestate residues each) and one variant with distribution at mid growing season and late top dressing (three parcels being fertilized with 2 times 15m<sup>3</sup> digestate residues each). At the same time, soil samples (N<sub>min</sub> test) from 0-30cm as well as 31-60cm and 61-90cm depth have been collected and analysed to monitor the mineralized nitrogen.

Various parameters including the raw protein value, yield per hectare, thousand-seed weight, hectolitre weight, number of plants per m<sup>3</sup> and the number of grains per ear were captured. The statistics program SPSS 19.0 was used in the analysis of the captured data. Remarkable differences especially in the raw protein values have been observed. The raw protein value measured was up to 3 percent higher (absolute values) in samples of the fertilized parcels than the value measured in samples of the zero-parcel. The analysis also revealed significant differences between the fertilized and non-fertilized parcels in grain yields, number of grains per ear, hectolitre weight and thousand-seed weight.

It remains to be seen how the financially strained situation of the operators of biogas plants is developing. If prices of agricultural products continue to remain high, the growth of alfalfa, red

clover and grassland can become more interesting and consequently more digestate can be used for fertilization.

## 8. Literaturverzeichnis

### 8.1. Literaturquellen

**BAUER, K.** und **F.X. HÖLZL** (2008): Bodenschutz und Düngung. Wien: Landwirtschaftskammer Österreich.

**BORGMANN, F.** (1986): Ertragsbildung. In: Oehmichen, Jobst: Pflanzenproduktion. Band 2: Produktionstechnik. Berlin; Hamburg: Verlag Paul Parey, S. 45 – 74.

**EILER, T.** (2007): Vortrag. Wintertagung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft. München.

**FARTHOFFER, R.; FRIEDEL, J.K.; PIETSCH, G.** und **B. FREYER** (2003): Stickstoff-Auswaschungsverluste und Nachfruchteffekte von Futterleguminosen (Schnitt- und Mulchnutzung) auf Winterweizen im Ökologischen Landbau unter pannonischen Standortbedingungen in Ostösterreich. In: Freyer, B.: 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau: Ökologischer Landbau der Zukunft, 24-26.02.2003, Wien. Wien: Universität für Bodenkultur, Institut für Ökologischen Landbau.

**FISHER, R.A.** (1956): Statistical Methods and Scientific Inference. Edinburgh: Oliver and Boyd.

**FREUND, W.** und **C. HERMANN** (2005): Handbuch Backwaren Technologie. 8. aktualisierte Auflage, Hamburg: Behr's Verlag.

**FREYER, B.** (2003): Fruchtfolgen – konventionell – integriert – biologisch. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.

**GALLER, J.** (1989): Gülle: Anfall, Lagerung, Verwertung, Umwelt. Stuttgart: Stocker Verlag.

**GALLER, J.** (2005): Biogasgülle: weniger Geruch, volle Düngewirkung. In: Bauernjournal West, 10/05.

**GANSBERGER, M.; WEINHAPPEL, M.; LEONHARDT, C.; BRANDSTETTER, A.; SCHALLY, H. und P. LIEBHARD (2009):** Einfluss der Verweildauer ausgewählter Unkrautsamen in Biogasanlagen auf die Keimfähigkeit. In: Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften. Band 21. Göttingen: Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V., S. 75 – 76.

**GROSSLERCHER, E. (2012):** Mündliche Mitteilung vom 11. Jänner 2012. Probstdorf: Probstdorfer Saatzucht.

**GRÜNER BERICHT (2007):** Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft im Jahr 2006. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung II 5.

**GRÜNER BERICHT (2011):** Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft im Jahr 2010. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung II 5.

**GUNDINGER, A. (2010):** Mündliche Mitteilung zur Finanzbodenschätzung 1958. Waidhofen an der Thaya: Finanzamt.

**HERRMANN, G. und G. PLAKOLM (1991):** Ökologischer Landbau - Grundwissen für die Praxis. Wien: Österreichischer Agrarverlag.

**HILBERT, M.; BECKER, F.A.; KNOPF, H.E.; VOLLMER, F.J. und M. WETZEL (1986):** Halm- und Körnerfrüchte. In: Oehmichen, Jobst: Pflanzenproduktion. Band 2: Produktionstechnik. Berlin; Hamburg: Verlag Paul Parey, S. 218 – 375.

**HINGST, W. und J. ORTNER (1995):** Die Bio-Bibel. Auf ins Paradies. Vom täglichen Gift zu gesunden Lebensmitteln aus ökologischer Landwirtschaft. Wien: Uranus Verlagsgesellschaft.

**KOLBE, H. (2004):** Umstellung auf die ökologische Landwirtschaft. In: top agrar, 12/04.

**LIEBHARD, P. (1991):** Kulturartenvergleich von Nutzpflanzen als Rohstoff für die industrielle Verarbeitung und zur alternativen Energieversorgung. Zusammenfassende Ergebnisse dreijähriger Feldversuche von 1986 – 1988 bezüglich des Einflusses von Standort, Witterung und Produktionstechnik auf den Rohstofftertrag und einiger verwertbarer Inhaltsstoffe. Projektauftrag: Wien: Arbeitsgemeinschaft „Erneuerbare Energien“.

**OBERFORSTER, M.** und **M. WERTEKER** (1999): Weizen – Kriterien der Mahl- und Backqualität. In: Newsletter „Saatgut“ der Saatbau Linz, Herbst-Ausgabe.

**ÖSTERREICHISCHE AGENTUR FÜR GESUNDHEIT UND ERNÄHRUNGSSICHERHEIT** (2011): Feldebauratgeber für den Herbstanbau 2011. Sorten- Saatgut- Pflanzenschutz- und Düngeinformation. St. Pölten: Landwirtschaftskammer Niederösterreich.

**ÖSTERREICHISCHE AGENTUR FÜR GESUNDHEIT UND ERNÄHRUNGSSICHERHEIT** (2005): Prüfberichte Gülleprobe. Wien.

**PIRKLHUBER, W.** und **K. GRÜNDLINGER** (1993): Der biologische Landbau in Österreich. Ein Beitrag zur umweltverträglichen Landbewirtschaftung. Wien: Bundesumweltamt.

**RIEGER, G.** (1991): Von der „Bäuerlichen Arbeitsgemeinschaft im österreichischen Wandervogel“ zur Förderungsgemeinschaft für gesundes Bauertum. In: Der Greif; Heft 2.

**STÖPPLER, H.** (1989): Weizen im ökologischen Landbau. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V.

**TSCHISCHEJ, M.** (2006): Getreidedüngung. In: Kärntner Bauer, Ausgabe 18/06.

**VOLLMER, F.J.; BECKER, F.A.; HILBERT, M.; KNOPF, H.E.** und **M. WETZEL** (1986): Halm- und Körnerfrüchte. In: Oehmichen, Jobst: Pflanzenproduktion. Band 2: Produktionstechnik. Berlin; Hamburg: Verlag Paul Parey, S. 218 – 375.

**WINKOVITSCH, C.** (2008): Bodenschutz und Düngung. Wien: Landwirtschaftskammer Österreich.

## **8.2. Internetquellen**

<http://www.eucarpia.org> – Homepage der Europäischen Gesellschaft für Züchtungsforschung

<http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/getreide/getreide-ec-pdf.pdf> –  
Homepage der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

[http://www.bio-austria.at/startseite/archiv/statuten\\_bio\\_austria\\_noe\\_und\\_wien](http://www.bio-austria.at/startseite/archiv/statuten_bio_austria_noe_und_wien) - Homepage  
des österreichischen Bioverbandes Bio Austria

<http://www.bioland.de> – Homepage des deutschen Bioverbandes Bioland

[http://www.agrar-net.at/netautor/napro4/appl/na\\_professional/index.php?id=2500%2C](http://www.agrar-net.at/netautor/napro4/appl/na_professional/index.php?id=2500%2C) –  
Homepage der Landwirtschaftskammer Österreich

<http://de.wikipedia.org/wiki/Niederösterreich> - freie Enzyklopädie

<http://www.statistik.at> – Homepage der Statistik Austria

[http://www.kompost.de/uploads/media/doppelt\\_gewinnen\\_mit\\_Kompost\\_und\\_Stroh](http://www.kompost.de/uploads/media/doppelt_gewinnen_mit_Kompost_und_Stroh) -  
Homepage der Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V.

<http://www.uni-bamberg.de> – Homepage der Universität Bamberg

<http://www.lms-beratung.de/index.phtml?view-37&SpecialTop37> – Homepage der  
landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt Rostock

[http://www.uni-wuerzburg.de/fileadmin/10040800/user\\_upload/hain/SPSS/ANOVA.pdf](http://www.uni-wuerzburg.de/fileadmin/10040800/user_upload/hain/SPSS/ANOVA.pdf) -  
Homepage der Universität Würzburg

[http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/schriftenreihe/p\\_41569.pdf](http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/schriftenreihe/p_41569.pdf) - Homepage der  
bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft

## 9. Abbildungs-, Tabellen- und Fotoverzeichnis

### 9.1. *Abbildungsverzeichnis*

Abb. 1: Entwicklungsstadien der Getreidearten .....	6
Abb. 2: Entwicklung der Anzahl der Bio-Betriebe in Österreich.....	10
Abb. 3: Karte Niederösterreich mit politischen Bezirksgrenzen.....	22
Abb. 4: Skizze der Winterweizen-Versuchsanlage.....	25
Abb. 5: Niederschlag in mm pro Monat im Jahr 2005, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya...	26
Abb. 6: Niederschlag in mm pro Woche, Standort Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005 .....	27
Abb. 7: Wöchentlicher Temperaturverlauf in °C, Standort Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005 .....	28
Abb. 8: AGES 1. Prüfbericht.....	30
Abb. 9: AGES 2. Prüfbericht.....	31
Abb. 10: N <sub>min</sub> Beprobung 12. April 2005, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya .....	36
Abb. 11: N <sub>min</sub> Beprobung 15. Mai 2005, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya .....	37
Abb. 12: N <sub>min</sub> Beprobung 28. Mai 2005, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya.....	38
Abb. 13: N <sub>min</sub> Beprobung 7. Juni 2005, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya .....	39
Abb. 14: Körner pro Ähre alle Versuchsvarianten, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005 .....	42
Abb. 15: Ertrag in kg pro Hektar alle Versuchsvarianten, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005 .....	45
Abb. 16: Hektolitergewicht, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005 .....	48
Abb. 17: TKG alle Versuchsvarianten, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005 .....	51
Abb. 18: Protein in % alle Versuchsvarianten, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005.....	53

## 9.2. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Konventionelle und biologische Weizenanbaufläche in Österreich, Produktionsjahr 2010.....	4
Tab. 2: Eucarpia-Skala.....	6
Tab. 3: Eigenschaften Winterweizen .....	15
Tab. 4: Verbotszeiträume N-Dünger .....	19
Tab. 5: ÖPUL Ertragserwartung .....	21
Tab. 6: Ährenzahl/m <sup>2</sup> und Kornzahl pro Ähre, Winterweizen, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005 .....	40
Tab. 7: Kornzahl pro Ähre Vergleich, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005 .....	41
Tab. 8: Ertrag in kg pro Hektar, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005.....	43
Tab. 9: Ertrag in kg pro Hektar Feld A, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005.....	43
Tab. 10: Ertrag in kg pro Hektar Feld B, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005.....	44
Tab. 11: Ertrag in kg pro Hektar Feld C, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005.....	44
Tab. 12: Ausgewählte Qualitätskriterien bei Bioweizen und unterschiedlicher N-Düngung, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005 .....	46
Tab. 13: HL Vergleich, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005 .....	46
Tab. 14: HL Feld A, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005.....	47
Tab. 15: HL Feld B, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005.....	47
Tab. 16: HL Feld C, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005.....	48
Tab. 17: TKG Vergleich, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005 .....	49
Tab. 18: TKG Feld A, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005.....	49
Tab. 19: TKG Feld B, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005.....	50
Tab. 20: TKG Feld C, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005.....	50
Tab. 21: Protein in % Vergleich, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005.....	51
Tab. 22: Protein in % Feld A, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005 .....	52
Tab. 23: Protein in % Feld B, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005 .....	52
Tab. 24: Protein in % Feld C, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005 .....	52
Tab. 25: Ausgewählte Daten Feldversuch, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005.....	54
Tab. 26: Oneway Anova Feld A, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005 .....	55
Tab. 27: Oneway Anova Feld B, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005 .....	56
Tab. 28: Oneway Anova Feld C, Betrieb Kadrnoschka Raabs/Thaya, 2005 .....	57

### **9.3. Fotoverzeichnis**

Foto 1: Vorreinigungsmaschine für Druschfrüchte .....	33
Foto 2: Gerät zur Bestimmung des Hektolitergewichtes .....	33
Foto 3: Gerät zur Messung des Proteingehaltes .....	34
Foto 4: Gerät zur Messung des Proteingehaltes .....	34