Bestandesentwicklung, Ertragsstruktur sowie Stickstoff- und Strahlungsaufnahme verschiedener Kulturarten bei Aussaat im Herbst- und im Frühjahr

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades
eines Diplomingenieurs (Dipl.-Ing.)
an der Universität für Bodenkultur Wien

vorgelegt von

Katharina Böhm

betreut von

Univ.-Prof. Dr. Hans-Peter Kaul

Univ.-Ass. Dr. Reinhard Neugschwandtner

(BOKU – Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Pflanzenbau)

Wien, Juli 2012

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei Herrn **Univ. Prof. Dr. Hans-Peter Kaul** bedanken, der die Betreuung meiner Masterarbeit übernommen hat. Danke für die wertvolle Unterstützung und Hilfe.

Mein besonderer Dank gilt **Univ.-Ass. Dr. Reinhard Neugschwandtner** für die sehr gute Zusammenarbeit, die tatkräftige Unterstützung, den fachlichen Rat sowie für die hervorragende Betreuung!

Vielen Dank auch an Herrn **Dipl.-Ing. Ivica Simonovic** für die Mithilfe während der arbeitsintensiven Zeit in Raasdorf, insbesondere bei den Probenerhebungen des Nitratstickstoffgehalts sowie bei der Ernte.

Ich möchte mich ebenso bei den **Mitarbeitern des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung** für die Hilfsbereitschaft und die gute Zusammenarbeit bedanken.

Für die Bereitstellung des Saatgutes danke ich der **Raiffeisen Ware Austria (RWA)**, der **Getreidezüchtungsforschung Darzau** und der **Probstdorfer Saatzucht**.

Ein großer Dank gilt meinen **Freund Bernhardt Obermayer**, der mir stets tatkräftig zur Seite gestanden ist und mich in meinem Vorhaben immer gestärkt hat.

Meinen **Eltern Ilse und Karl Böhm**, sowie meinen **Großeltern Aloisia und Ernst Sinhuber** bin ich sehr verbunden. Sie haben mich während des gesamten Studiums liebevoll unterstützt, durch sie wurde mir erst das Studium an der Universität für Bodenkultur ermöglicht.

Last but not least, gilt mein Dank meinen besten **Freunden Angelika Weixelbaum, Claudia Kurz, Iris Ratheiser und Sandra Mayerhofer**, die mir das Studienleben zu einer wunderbaren Zeit gemacht haben und großes Vertrauen in mich setzten.

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung *6*

2. Literaturübersicht *7*

2.1. Weizen **7**
2.1.1. Kulturansprüche 7
2.1.2. Winterweizen / Sommerweizen – Saattermin 7
2.1.3. Winterfestigkeit 8

2.2. Erbse **9**
2.2.1. Kulturansprüche 9
2.2.2. Wintererbse / Sommererbse – Saattermin 9
2.2.3. Winterfestigkeit 10
2.2.4. Ertragsstruktur 10

2.3. Triticale **10**
2.3.1. Kulturansprüche 10
2.3.2. Wintertriticale / Sommertriticale – Saattermin 11
2.3.3. Winterfestigkeit 11

3. Fragestellung *12*

4. Material und Methoden *13*

4.1. Standort **13**
4.1.1. Versuchsplan 14
4.1.2. Sortenbeschreibung 14

4.2. Kulturführung **15**
4.2.1. Saattermin 15
4.2.2. Düngung 15
4.2.3. Ernte 15

4.3. Erhebungen an den Pflanzen **15**
4.3.1. Entwicklungsstadien 16
4.3.2. Überwinterung der Erbse 16
4.3.3. Oberirdische Biomasse 16
4.3.4. Leaf Area Index 16
4.3.5. Bestandeshöhe 17
4.3.6. Lagerneigung 17
4.3.7. Bodenbedeckungsgrad 17

4.4. Bodenbeprobungen **17**
4.4.1. N_{min}-Gehalt im Boden 17

4.5. Wachstumsrate **18**

4.6. Statistische Auswertung **18**

5. Ergebnisse *21*

5.1. Wetterdaten **21**

5.2. BBCH-Codierung 21
5.2.1. BBCH-Codierung von Weizen 21
5.2.2. BBCH-Codierung von Erbse 22
5.2.3. BBCH-Codierung von Einkorn 23
5.2.4. BBCH-Codierung von Triticale (Agrano) 23
5.2.5. BBCH-Codierung von Triticale (Trimmer) 24

5.3. Bodenbedeckungsgrad 25
5.3.1. Bodenbedeckungsgrad von Weizen 25
5.3.2. Bodenbedeckungsgrad von Erbse 26
5.3.3. Bodenbedeckungsgrad von Einkorn 27
5.3.4. Bodenbedeckungsgrad von Triticale (Agrano) 27
5.3.5. Bodenbedeckungsgrad von Triticale (Trimmer) 28

5.4. Bestandeshöhe 29
5.4.1. Bestandeshöhe von Weizen 29
5.4.2. Bestandeshöhe von Erbse 30
5.4.3. Bestandeshöhe von Einkorn 31
5.4.4. Bestandeshöhe von Triticale (Agrano) 32
5.4.5. Bestandeshöhe von Triticale (Trimmer) 32

5.5. Oberirdische Biomasse 33
5.5.1. Oberirdische Biomasse von Weizen 35
5.5.2. Oberirdische Biomasse von Erbse 35
5.5.3. Oberirdische Biomasse von Einkorn 36
5.5.4. Oberirdische Biomasse von Triticale (Agrano) 37
5.5.5. Oberirdische Biomasse von Triticale (Trimmer) 38

5.6. Leaf Area Index 38
5.6.1. Leaf Area Index von Weizen 40
5.6.2. Leaf Area Index von Erbse 40
5.6.3. Leaf Area Index von Einkorn 41
5.6.4. Leaf Area Index von Triticale (Agrano) 42
5.6.5. Leaf Area Index von Triticale (Trimmer) 42

5.7. Lagerneigung 43
5.7.1. Lagerneigung zum Beprobungstermin am 4. Juli 2011 43
5.7.2. Lagerneigung zum Beprobungstermin am 13. Juli 2011 44

5.8. N_{min}-Gehalt im Boden 45
5.8.1. N_{min}-Gehalt im Boden im Herbstanbau 46
5.8.2. N_{min}-Gehalt im Boden im Frühjahrsanbau 47

5.9. Ergebnisse der Wachstumsanalyse 48
5.9.1. Absolute Wachstumsrate (Crop growth rate) 48
5.9.2. Relative Wachstumsrate (Relative growth rate) 51
5.9.3. PAR-Angebot 53
5.9.4. PAR-Aufnahme 53
5.9.5. Nutzung der angebotenen photsynthetisch aktiven Strahlung ... 55
5.9.6. Nutzung der aufgenommenen photsynthetisch aktiven Strahlung (Strahlungsnutzungseffizienz) 56

5.10. Ergebnisse der Erntedaten 57
5.10.1. Harvestindex 57
5.10.2. Tausendkorngewicht 59

5.10.3. Oberirdische Biomasse zur Ernte 61
5.10.4. Korn-Trockenmasse zur Ernte 63
5.10.5. Stroh-Trockenmasse zur Ernte 65
5.10.6. Ähren / Hülsen pro Quadratmeter 67
5.10.7. Körner pro Quadratmeter 69
5.10.8. Kornanzahl pro Ähre bzw. Hülse 71

6. Diskussion 74

6.1. Bestandesentwicklung (Entwicklungsstadien, Bestandeshöhe, Bodenbedeckung) 74

6.2. Oberirdische Biomasse und Ertragsstruktur 76

6.3. N_{min}-Gehalt im Boden 78

6.4. Leaf Area Index, Wachstumsrate 78

6.5. Fazit 80

7. Zusammenfassung 81

8. Abstract 82

9. Literatur- und Quellenverzeichnis 83

10. Abbildungsverzeichnis 86

11. Tabellenverzeichnis 88

1. Einleitung

Der Anbau von Wechselformen hat in Österreich in der landwirtschaftlichen Produktion keine wirtschaftliche Bedeutung. Bei den Getreidearten dominiert nach wie vor der Anbau von Winterungen, die Vorteile einer Aussaat im Herbst liegen einerseits in der Nutzung einer längeren Vegetationsperiode und andererseits im früheren Erntetermin. Der Saattermin von Getreide im Frühjahrsanbau sollte so früh wie möglich gewählt werden (Aufhammer, 1998). Körnerleguminosen werden in Österreich ausschließlich im Frühjahr angebaut, im Herbstanbau würde die Frostempfindlichkeit vor allem bei der Erbse zu großen Problemen und folglich zu Ernteausfällen führen (Diepenbrock et al., 2009).

Das Ziel dieser vorliegenden Arbeit liegt darin, die Thematik von Wechselformen anhand von Weizen (Xenos), Erbse (Cherokee), Einkorn (Terzino) und Triticale (Agrano, Trimmer) im pannonischem Klimaraum zu untersuchen und die Unterschiede bzw. Vor- und Nachteile zwischen Winterungen und Sommerungen herauszuarbeiten.

2. Literaturübersicht

2.1. Weizen

Der Weizen gehört zur Familie der Gramineen und ist eine Langtagspflanze. Die Weizenanbaufläche beträgt weltweit zwischen 220 – 230 Mio. ha, die Weizenerzeugung 530 – 560 Mio t und der Kornertrag wird auf rund 24 dt ha^{-1} geschätzt (Diepenbrock et al., 2005). Der hexaploide Gemeine Weizen bzw. Saatweizen (*T. aestivum*) hat mit einem Anteil von 90 % an der Weizenfläche weltweit die größte Bedeutung. Weichweizen (*T. aestivum*) ist aus der spontanen Einkreuzung von *Triticum tauschii* (= *Aegilops squarrosa,* diploid) in primitive tetraploide Kulturformen des Weizens entstanden (Diepenbrock et al., 1999). Die Kulturform Einkorn (*T. monococcum*) ist ein diploider Weizen und besitzt das Genom A. Aus diesem Grund war *Triticum monococcum* ein wichtiger Grundbaustein zur Entwicklung der tetraploiden und hexaploiden Weizen (Geisler, 1988).

2.1.1. Kulturansprüche

Der Weizen ist eine Kulturart mit hohen Standortansprüchen. Er benötigt einerseits einen ausgeglichenen Wasser- und Lufthaushalt und andererseits einen nährstoffreichen und tiefgründigen Boden (Diepenbrock et al., 2005). Die Aussaattiefe für Weizen sollte 2 – 4 cm betragen (Geisler, 1988). Auch Diepenbrock et al. (1999) empfehlen diese Saattiefe und weisen darauf hin, dass eine tiefere Aussaattiefe die Keimpflanze schwächt und eine flachere Ablage eine Gefährdung für das Auflaufen, in diesem Fall lückig, darstellt. Die optimale Bestandesdichte von Weizen liegt zwischen 300 und 400 Pflanzen m^{-2}, in Ausnahmefällen kann die Keimdichte m^{-2} auch kleiner als 200 bzw. größer als 500 sein (Diepenbrock et al., 1999). Bei Geisler (1988) wird zusätzlich noch auf den Einfluss des Saattermins und der Standortansprüche auf die Bestandesdichte hingewiesen.

2.1.2. Winterweizen / Sommerweizen – Saattermin

Winterweizen wird vor allem in Regionen angebaut, die regelmäßige Winterperioden aufweisen (Diepenbrock et al., 1999). Geisler (1988) betont, dass Winterweizen einen geringern Anspruch als andere Getreidearten, bezogen auf den Saattermin,

hat. Winterweizen sollte von Mitte Oktober bis Anfang November gesät werden. In Extremfällen ist die Aussaat in wintermilden Lagen auch bis Dezember möglich (Aufhammer, 1998), hier muss man aber verstärkt mit Ertragseinbußen rechnen (Geisler, 1988). Der ideale Zeitpunkt für die Aussaat von Winterweizen ist daher nach Geisler (1988) jener, an dem die Pflanzen das Fünfblattstadium erreicht haben, noch bevor die Winterkälte einsetzt.

Der Saattermin für Sommerweizen sollte so früh wie möglich sein, damit die Pflanzen eine möglichst lange Vegetationsperiode ausnutzen können (Geisler, 1988). Auch Diepenbrock et al. (2009) empfehlen diesen Saattermin für Sommerweizen. Aufhammer (1998) sieht einen positiven Einfluss eines frühen Saattermins auf die Kornertragsfähigkeit.

Wechselweizen weist eine begrenzte Kälteresistenz mit einem begrenzten Vernalisationsbedarf auf und kann daher in wintermilden Lagen sowohl im Herbst als auch im Frühjahr ausgesät werden (Aufhammer, 1998).

2.1.3. Winterfestigkeit

Die Winterfestigkeit von Weizen wird nach Diepenbrock et al. (2009) als Mittel zwischen Roggen und Gerste beschrieben. Somit erträgt Winterweizen Temperaturen von –15 °C bis –20 °C, wobei die Winterfestigkeit stark sortenabhängig ist. Nach Geisler (1988) müssen die Pflanzen etwa im 4- bis 5-Blattstadium in den Winter gehen. Diepenbrock et al. (1999) zeigen ebenfalls auf, dass Frost erst nach Abhärtung ertragen wird, sieht aber im Gegensatz zu Geisler (1988) für die Abhärtung eine niedere Temperatur im 2- bis 4- Blattstadium vor. Eine lang anhaltende Schneedecke wird laut Geisler (1988) von Winterweizen besser toleriert als von anderen Getreidearten, der Grund dafür ist jener, dass Weizen vor dem Winter weniger Biomasse produziert.

2.2. Erbse

2.2.1. Kulturansprüche

Erbsen bevorzugen einen mittelschweren, leicht sauren Boden und benötigen zur optimalen Entwicklung ein trocken-warmes, kontinental beeinflusstes Klima (Diepenbrock et al., 1999). Die Saattiefe bei Erbsen sollte 4 – 6 cm betragen, falls die Aussaat tiefer ist, steigt die Gefahr, dass der Aufgang der Erbsen verzögert wird (Aufhammer, 1998). Diepenbrock et al. (2009) sieht für Erbsen eine Bestandesdichte von maximal 70 – 90 Pflanzen m^{-2} vor, spricht aber auch von einer minimalen Bestandesdichte von 50 – 60 Pflanzen m^{-2}. Der Reihenabstand der Erbsen sollte 12 – 15 cm betragen (Aufhammer, 1998).

2.2.2. Wintererbse / Sommererbse – Saattermin

Der optimale Saattermin für Wintererbse liegt zwischen Ende September und Anfang November, ein späterer Aussaattermin kann sich negativ auf den Feldaufgang auswirken (Aufhammer, 1998). Die Frühjahrsaussaat von Erbsen sollte Mitte März bis Mitte April gesät werden, erfolgt die Aussaat früher, muss einerseits darauf geachtet werden, dass genügend Wasser für die Entwicklung der Pflanze zur Verfügung steht. Andererseits wird durch einen früheren Saattermin auch eine längere Vernalisationsphase der Pflanze hervorgerufen (Diepenbrock et al., 2009). In Dänemark erfolgt die Aussaat Ende März bis Mitte Juni, dieser Termin richtet sich aber speziell für die Gefriererbsenindustrie (Aufhammer, 1998). Auch hier wird betont, dass eine Frühjahrsaussaat zu einem zeitigerem Termin Probleme hinsichtlich Verunkrautung und einer Beeinträchtigung der Keimpflanzenzahl mit sich bringen kann, wenn die Temperaturen nach Aussaat bis zu vier Wochen sehr niedrig sind (Aufhammer, 1998). Markerbsen sollen im Vergleich zu Futtererbsen nicht so früh gesät werden, da sie eine höhere Frostempfindlichkeit aufweisen (Aufhammer, 1998).

Aufhammer (1998) sieht einen Vorteil der Winteraussaat von Körnerleguminosen gegenüber der Frühjahrsaussaat darin, dass gute Bodenbedingungen den Feldaufgang im Herbst begünstigen. Ein weiterer positiver Effekt liegt auch darin, dass durch die Herbstaussaat eine frühere Ernte möglich ist. Herbstsaaten können die Winterfeuchte durch tiefe Wurzeln besser ausnutzen (Aufhammer, 1998). Demgegenüber können bei einer Herbstsaat auch Probleme auftreten, wie zum

Beispiel ein Kälteschaden oder auch Vogelfraß bei einer späteren Aussaat (Aufhammer, 1998). Die Herbstsaat begünstigt auch den Pilzbefall der jungen Pflanzen.

2.2.3. Winterfestigkeit

Die Frostempfindlichkeit bei Erbsen liegt bei –5°C, die Vegetationsperiode beträgt 115 – 125 Tage (Diepenbrock et al., 2009). Diepenbrock et al. (1999) betonen, dass Erbsen Spätfröste bis –4 bis –5°C im Jungendstadium ertragen. Die Keimtemperatur für Körnerfuttererbsen liegt etwa bei 1 – 2 °C, bei diesen Temperaturen muss aber mit einem verzögerten Feldaufgang gerechnet werden (Diepenbrock et al., 2009).

2.2.4. Ertragsstruktur

Das Ertragspotential der Erbse liegt bei weniger als 60 dt ha^{-1}, aus der Praxis sind in Deutschland Werte um 50 dt ha^{-1} bekannt (Diepenbrock et al., 2009). Nach Geisler (1988) haben Körnerleguminosen eher niedrigere Erträge. Der Grund dafür liegt darin, dass oftmals eine unzureichende Wasserversorgung Ursache für einen geringen Ertrag ist. Diepenbrock et al. (1999) betonen auch, dass die Trockenmassebildung sehr stark von Wachstumsprozessen beeinflusst wird. Dabei ist die optimale Temperatur zur Bildung der Trockenmasse 15 °C bis 22°C (Diepenbrock et al., 1999).

2.3. Triticale

2.3.1. Kulturansprüche

Der Anbau von Triticale eignet sich besonders auf leichten Böden und ist aber auch aufgrund der hohen Umweltresistenz auf Standorten zu finden, die hinsichtlich des Klimas eher ungünstige Bedingungen aufweisen (Geisler, 1988). Die Erklärung für eine hohe Umweltresistenz von Triticale liefert der Einfluss der Kulturart Roggen, der auch auf Standorten mit niedrigen Temperaturen zu finden ist (Geisler, 1988). Aufhammer (1998) sieht ebenso einen leichten und sandigen Boden für den Anbau von Wintertriticale vor, weist aber auch darauf hin, dass ein schwerer Boden eine

mittlere Eignung für Triticale darstellt. Der optimale ph-Wert für Wintertriticale liegt bei 6,0.

Die Saattiefe von Getreide liegt, wie bereits bei der Kulturart Weizen erwähnt, bei 2 - 4 cm. Die Bestandesdichte von Wintertriticale und Winterroggen ist im Gegensatz zu den übrigen Getreidearten geringer (Aufhammer, 1998). Grund dafür ist laut Aufhammer (1998) einerseits eine geringere Saatdichte, andererseits hat die N-Düngung, die bei diesen Kulturen einen niedrigeren Wert hat, einen Einfluss auf die Bestandesdichte. Die Saatdichte von Sommergetreide sollte nach Aufhammer (1998) höher als bei Wintergetreide sein, da Sommerformen kürzere Vegetationszeiträume durchlaufen.

2.3.2. Wintertriticale / Sommertriticale – Saattermin

Der Saattermin von Wintertriticale ist mit der Aussaat von Winterroggen zu vergleichen und befindet sich nach der Wintergerste und vor dem Winterweizen. Nach Diepenbrock et al. (1999) soll Triticale für einen zufrieden stellenden Entwicklungsverlauf bei Beginn der Vegetationsruhe bestockt sein.

2.3.3. Winterfestigkeit

Zur Charakterisierung der Winterfestigkeit von Triticale werden die Kulturarten Weizen und Roggen herangezogen. Diepenbrock et al. (2009) sehen für Weizen eine Frosthärte von –15°C bis –20°C vor. Winterroggen kann eine Kälte bis über –25°C ertragen.

3. Fragestellung

Bis heute wurden kaum Versuche mit Wechselformen in Österreich durchgeführt, nur wenige Sorten sind als Wechselformen zugelassen. Aus diesem Grund gibt es noch keine abgesicherten Ergebnisse, die sich auf die Bestandesentwicklung und die Ertragsstruktur von Wechselformen bei Getreide und Erbse im östlichen Ackerbaugebiet Österreichs beziehen. Die vorliegende Arbeit konzentriert sich daher auf folgende Fragen:

1 Welchen Einfluss hat der Aussaattermin auf die Bestandesentwicklung von Weizen, Erbse, Einkorn und Triticale? Gibt es Unterschiede zwischen den Kulturen?

2 Besteht ein Unterschied in der Ertragsstruktur der verschiedenen Kulturen bei der Aussaat im Herbst und im Frühjahr?

3 In welchem Ausmaß und mit welchen Unterschieden wird die aufgenommene Strahlung vom Saattermin beeinflusst? Inwieweit unterscheiden sich die Kulturen untereinander?

4 Hat die Aussaat im Herbst bzw. im Frühjahr eine Auswirkung auf den N_{min}-Gehalt im Boden?

Um die oben genannten Fragestellungen zu untersuchen, wurde ein Versuch in Raasdorf angelegt, der Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist.
Die Ergebnisse dieser Arbeit sollen zur Beurteilung des Einsatzes von Wechselformen in der Landwirtschaft, im speziellen des Einsatzes von Weizen (Xenos), Erbse (Cherokee), Einkorn (Terzino) und Triticale (Agrano, Trimmer) als Wechselformen, beitragen.

4. Material und Methoden

4.1. Standort

Die Versuchsfläche des Diplomarbeitsversuches befindet sich in Raasdorf und gehört zu den Flächen der Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf. Raasdorf liegt im Marchfeld am östlichen Rand von Wien im Bezirk Gänserndorf und gehört zur Praterterasse. Raasdorf befindet sich auf einer Seehöhe von 153 m und die geographischen Daten lauten 48°15′ N, 16°34′O.

Im Marchfeld herrscht pannonisches Klima, charakteristisch dafür ist eine lange Vegetationszeit von Mitte März bis Mitte November. Ein weiteres Merkmal der Klimaverhältnisse im Marchfeld sind die trockenen, heißen Sommer und kalte Winter, wobei der Winter in diesem Gebiet eher weniger Schnee mit sich bringt. Die landwirtschaftlichen Flächen bzw. Felder weisen eine windoffene Lage auf. Die langjährig durchschnittliche Niederschlagsmenge im Marchfeld beträgt 520 mm und die langjährig durchschnittliche Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 9,8°C.

Der Boden, der in Raasdorf klassifiziert wurde, ist ein Tschernosem. Schwarzerde ist ein stabiler, sehr fruchtbarer Boden und weist durch seine gute Wasserspeicherfähigkeit sehr positive Eigenschaften für die Nutzung als Ackerboden auf. Der A-Horizont setzt sich aus lehmigen Schluff zusammen. Der Humusgehalt im Oberboden beträgt 2,75 %, dieser Wert ist mittelhoch. Das Kernproblem auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen in Raasdorf stellt der hohe Schluffanteil dar, der Boden ist somit verschlämmungsanfällig und der Humus hat daher eine geringere Wertigkeit.

Auf der Versuchsfläche in Raasdorf wurde im Herbst 2010 der N_{min}-Gehalt im Boden bestimmt. In einer Bodentiefe von 0 – 90 cm ergab die Messung einen NO_3-N Gehalt von 123,7 kg ha^{-1} (Tabelle 1).

Tabelle 1: N_{min}-Gehalt nach der Aussaat (Ziehung vom 12.10.2010)

Bodentiefe in cm	NO_3-N (kg N ha^{-1})
0-30	49,9
30-60	53,5
60-90	22,2
0-90	**123,7**

4.1.1. Versuchsplan

Der Diplomarbeitsversuch wurde in Raasdorf auf einer konventionell bewirtschafteten Fläche mit der Vorfrucht Wintergerste in der Vegetationsperiode 2010 / 2011 angebaut. Zur Durchführung der Bodenbearbeitung wurde ein Grubber mit einer Bearbeitungstiefe von ca. 30 cm und eine Kreiselegge mit einer Bearbeitungstiefe von ca. 7 – 10 cm herangezogen. Während der gesamten Versuchsdauer wurde nur eine händische Beikrautregulierung durchgeführt. Der Versuchsplan beinhaltet eine Split-Plot-Anlage mit dem Großteilstückfaktor Anbautermin, vier Wiederholungen und 40 Doppelparzellen. Durch eine Teilung der Versuchsfläche wurde die südliche Hälfte für den Herbstanbau (20 Doppelparzellen) und die nördliche Hälfte für den Frühjahrsanbau (20 Doppelparzellen) verwendet. Jede Reihe entsprach einem Wiederholungsblock. Die Nettogröße jeder Parzelle betrug 15 m^2. Mit Hilfe einer Versuchs-Drillmaschine erfolgte die Aussaat der 40 Doppelparzellen, wobei die Saattiefe bei ca. vier Zentimeter, der Reihenabstand bei 12,5 cm lag.

4.1.2. Sortenbeschreibung

Für den vorliegenden Diplomarbeitsversuch wurde die Weizensorte Xenos herangezogen. Xenos wurde 1998 erstmals in Deutschland als Winterweizen registriert, ist aber auch für eine Frühjahrsaussaat verwendbar. Somit wird die Sorte Xenos als Wechselform bzw. Wechselweizen bezeichnet. (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, 2009)

Bei der Erbse wurde die französische Wintererbse Cherokee verwendet. Die Sorte Cherokee wurde 2005 in Frankreich zugelassen.

Die Herkunft Terzino wurde bei Einkorn für den vorliegenden Diplomarbeitsversuch herangezogen.

Bei der Triticale wurden die Sorten Agrano und Trimmer verwendet. Die Sorte Agrano wurde erstmals 2003 zugelassen, das Züchterland ist Deutschland. Agrano ist in der Österreichischen Beschreibenden Sortenliste (2009) als Wintertriticale registriert; kann aber auch im Frühjahr gesät werden, da es sich hier um eine Wechseltriticale handelt. Die Sorte Trimmer wird zurzeit für die Frühjahrsaussaat getestet (Persönliche Information von Ing. Marco Göttfried, Probsdorfer Saatzucht).

4.2. Kulturführung

4.2.1. Saattermin

Für die Wechselformen des Versuches in Raasdorf wurden zwei Saattermine gewählt. Der erste Saattermin bezog sich auf den Anbau der Winterung und wurde für Anfang Oktober (7.10.2010) festgelegt. Der zweite Saattermin und somit der Termin für den Anbau der Sommerung erfolgte Mitte März (14.3.2011).

4.2.2. Düngung

Die Düngung der Versuchsfläche erfolgte in zwei Gaben zu je 50 kg/ha Rein-Stickstoff in Form von Nitramoncal (27% N). Die erste Düngergabe wurde am 22.3.2011 geben, die zweite Düngergabe am 2.5.2011. Einkorn und Erbse wurden nicht gedüngt.

4.2.3. Ernte

Zur Feststellung der Ernteerträge wurde von jeder Beprobungsparzelle 1,2 m^2 der oberirdischen Biomasse geerntet, getrocknet, abgewogen und anschließend wurden die Ähren bzw. Hülsen von den Pflanzen händisch getrennt und gezählt. Die Ähren wurden mit einem Standmähdrescher gedroschen, die Körner der Erbse händisch von den Hülsen separiert und im Anschluss daran wurde das Tausendkorngewicht bestimmt. Die Druschparzelle wurde als Ganzes mit einem Parzellendrescher geerntet und verwogen.

4.3. Erhebungen an den Pflanzen

Die Erhebungen an den Pflanzen wurden jeweils in der linken Parzelle einer Doppelparzelle einer Kulturart sowie in jeder Wiederholung durchgeführt. Daher

wurde bei einer Doppelparzelle die rechte Parzelle als „Beprobungsparzelle" und die linke als „Druschparzelle" bezeichnet. Die Kulturmaßnahmen wurden in der Tabelle 2 dargestellt, das Untersuchungsprogramm in der Tabelle 3.

4.3.1. Entwicklungsstadien

Im Rahmen des Diplomarbeitsversuches wurden an zehn verschiedenen Terminen, von Ende November 2010 bis Juli 2011, die Entwicklungsstadien der zu untersuchenden Pflanzen bestimmt. Zur genauen Bestimmung der Pflanzenstadien wurde der BBCH-Code verwendet. An den beiden ersten Terminen, nämlich am 23.11.2010 und am 15.3.2011, wurden nur die Entwicklungsstadien der Winterung ermittelt.

4.3.2. Überwinterung der Erbse

Zur Erhebung der Überwinterung der Erbse der Herbstaussaat wurden vier Meter einer Reihe abgesteckt und die Anzahl der lebenden Erbsenpflanzen im November 2010 gezählt. Im Frühjahr (Mitte und Ende März 2011) wurde dieser Vorgang an zwei Terminen wiederholt.

4.3.3. Oberirdische Biomasse

Zur Bestimmung der oberirdischen Biomasse wurde von jeder Beprobungsparzelle 0,3 m^2 Frischematerial mit einer Schere an der Bodenoberfläche abgeschnitten. Das Pflanzenmaterial wurde bei 105° C zwei Tage getrocknet und anschließend verwogen.

4.3.4. Leaf Area Index

Der Blattflächenindex wurde bei den Winterungen bei den Beprobungsterminen vom 15.3.2011 bis zum 27.4.2011 und bei den Sommerungen bei den Beprobungsterminen vom 12.4.2011 bis zum 10.5.2011 destruktiv mithilfe des LI-3100 Area Meter ermittelt. Der Blattflächenindex wurde an sieben Terminen, von Mitte März 2011 bis Anfang Juni 2011 ermittelt. Am 15. 3. und am 29. 3.2011 wurde nur der Blattflächenindex des Herbstanbaus ermittelt. Bei den weiteren Beprobungsterminen wurde das SunScan Canopy Analysis System verwendet.

4.3.5. Bestandeshöhe

Die Ermittlung der Bestandeshöhe wurde mit Hilfe eines Meterstabes durchgeführt. Dabei wurde der Meterstab senkrecht in den Pflanzenbestand der Beprobungsparzelle gestellt und die Bestandeshöhe gemessen. Die Messung der Bestandeshöhe bezog sich nicht auf eine Einzelpflanze, sondern auf den Zustand der gesamten Beprobungsparzelle.

4.3.6. Lagerneigung

An zwei Terminen (4.7.2011 und 13.7.2011) wurde auf der Versuchsfläche das Auftreten der Lagerneigung bonitiert. Es wurden Noten von eins bis neun verteilt. Die Note neun bedeutete, dass das Getreide bzw. die Erbse eine sehr starke Lagerung zeigte. Die Note eins der Bonitur sagte aus, dass die betroffene Kultur keine Lagerung zeigte.

4.3.7. Bodenbedeckungsgrad

Zur Bestimmung des Bodenbedeckungsgrades wurde von Oktober 2010 bis Mai 2011 von jeder Parzelle zu mehreren Terminen je eine digitale Fotographie erstellt. Mit Hilfe des Bildauswertungsprogrammes SigmaScan Pro 5 war es möglich, die digitalen Fotographien auszuwerten, indem der Anteil der grünen Pixel an der Gesamtpixelanzahl ermittelt und das Ergebnis in Prozent angegeben wurde (Karcher und Richardson, 2005).

4.4. Bodenbeprobungen

4.4.1. N_{min}-Gehalt im Boden

Zur Ermittlung des mineralischen Stickstoffgehaltes im Boden wurden zu den in der Tabelle 3 angeführten Terminen mittels Bodenbohrer Proben aus drei Horizonten (0 – 30 cm, 30 – 60 cm, 60 – 90 cm) gezogen. Zur Analyse wurden die Proben mit 0,0125 M $CaCl_2$ im Überkopfschüttler extrahiert und anschließend NO_3-N und NH_4-N im Extrakt photometrisch bestimmt (Kuderna, 1993; Schlichting et al., 1995).

4.5. Wachstumsrate

Zur Wachstumsanalyse wurde der Verlauf der Trockenmasseproduktion der einzelnen Kulturen in Form der absoluten (crop growth rate, g m^{-2} d^{-1}) und relativen (relative growth rate, g g^{-1} d^{-1}) Wachstumsrate herangezogen (Hunt, 1982). Das PAR-Angebot (MJ m^{-2}), die PAR-Aufnahme (MJ m^{-2}), die PAR-Nutzung – Angebot (g MJ^{-1}) sowie die PAR-Nutzung – Aufnahme (Strahlungsnutzungseffizienz) (g MJ^{-1}) wurden nach Aufhammer et al. (2000) berechnet. Die absorbierte Strahlung zu jenen Beprobungsterminen, bei denen der LAI destruktiv ermittelt wurde (siehe Kapitel 4.3.4.), wurde gemäß Hoffmann et al. (2010) berechnet, mit der Annahme, dass acht Prozent des Lichtes reflektiert werden (Gates, 1965). Als Extinktionskoeffizient wurde für die Berechnungen bei Erbse der Wert 0,83 (Ayaz et al., 2004) und für Weizen der Wert 0,7 verwendet (Lunagaria, 2006). Der Extinktionskoeffizient von Weizen wurde ebenso für Einkorn und Triticale herangezogen.

4.6. Statistische Auswertung

Die Daten der untersuchten Merkmale wurden mit einer zweifaktoriellen Varianzanalyse verrechnet und auf ihre Signifikanz mit dem Statistikprogramm SAS 9. 1 überprüft. Zur statistischen Unterscheidung der Mittelwerte wurden Grenzdifferenzen berechnet. Zur graphischen Darstellung der vorliegenden Daten wurde das Programm Sigma Plot 11.0 herangezogen.

Tabelle 2: Kulturmaßnahmen

Kulturmaßnahmen	Anbau		Düngung (1. Gabe)		Düngung (2. Gabe)		Ernte - Weizen (Xenos)		Ernte - Erbse (Cherokee)		Ernte - Einkorn (Terzino)		Ernte - Triticale (Agrano)		Ernte - Triticale (Trimmer)	
Datum	**W**	**S**	**W**	**S**	**W**	**S**	**W**	**S**	**W**	**S**	**W**	**S**	**W**	**S**	**W**	**S**
07.10.2010	x															
14.03.2011		x														
22.03.2011			x	x												
02.05.2011					x	x										
20.06.2011									x							
07.07.2011							x			x			x		x	
14.07.2011								x			x			x		x
27.07.2011												x				

W…Winterung, S…Sommerung

Erbse und Einkorn wurden nicht gedüngt

Tabelle 3: Untersuchungsprogramm

Untersuchungsprogramm	Überwinterung Erbse		BBCH		LAI (LI-3100 Area Meter)		LAI (SunScan)		N_{min}		oberirdische Biomasse		Bestandeshöhe		Lager Bonitur		Bodenbedeckungsgrad	
Datum	**W**	**S**	**W**	**S**	**W**	**S**	**W**	**S**	**W**	**S**	**W**	**S**	**W**	**S**	**W**	**S**	**W**	**S**
23.11.2010	x		x															
15.03.2011	x		x		x						x						x	
29.03.2011	x	x	x	x	x				x		x							
05.04.2011																	x	x
12.04.2011					x	x					x	x					x	x
14.04.2011			x	x									x	x				
20.04.2011																	x	x
27.04.2011			x	x	x	x			x	x	x	x	x	x			x	x
05.05.2011																	x	x
10.05.2011			x	x	x	x	x				x	x	x	x			x	x
19.05.2011																	x	x
24.05.2011			x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
07.06.2011			x	x	x		x	x			x	x	x	x				
20.06.2011			x	x			x	x			x	x	x	x				
04.07.2011			x	x							x	x	x	x	x	x		
06.07.2011							x	x	x									
13.07.2011							x	x					x	x	x	x		
14.07.2011			x	x						x	x	x						
27.07.2011				x								x						

W…Winterung, S…Sommerung

5. Ergebnisse

5.1. Wetterdaten

Abbildung 1 zeigt den Temperaturverlauf (Tagesmittelwerte) und die Niederschläge in der Vegetationsperiode 2011. Während des Versuchszeitraums (1. März bis 31. Juli 2011) betrug die Niederschlagssumme 260 mm und die Temperatursumme 2207°C. Die Temperatursumme setzt sich aus den Temperaturen jener Tage zusammen, die einen Durchschnitt der Tagestemperatur von über 5°C erreichten.

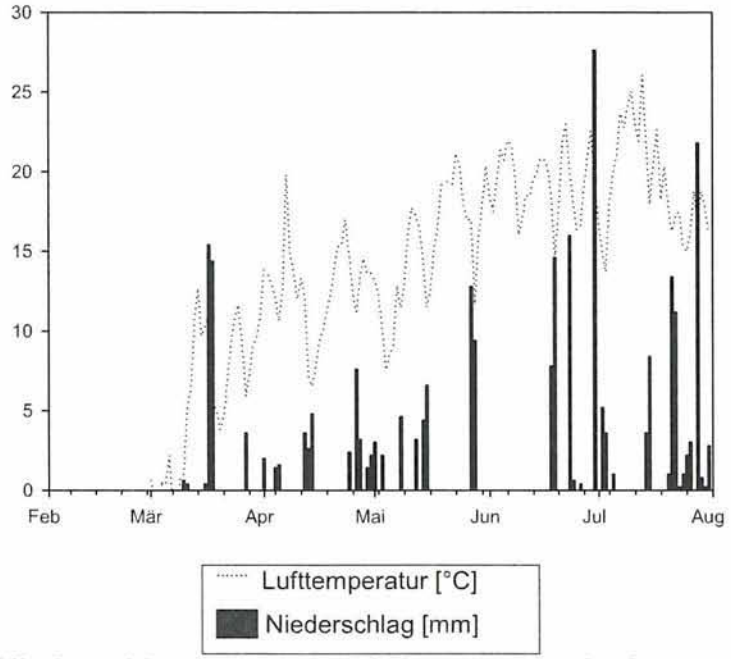

Abbildung 1: Niederschlagssumme und Temperaturmittelwert vom 1. März bis 31. Juli 2011

5.2. BBCH-Codierung

5.2.1. BBCH-Codierung von Weizen

Die BBCH-Entwicklungsstadien von Weizen – sowohl von der Winterung als auch von der Sommerung – sind in der Abbildung 2 dargestellt. Die Aussaat der Winterung des Weizens erfolgte am 7. Oktober 2010, die Aussaat der Sommerung am 14. März 2011. Die Pflanzenentwicklung der Sommerung des Weizens verlief ähnlich zur Winterung, jedoch mit einer verzögerten Entwicklung. Dies zeigte sich auch in der

späteren Ernte der Sommerung. Die Winterung wurde am 7. Juli 2011 geerntet, die Sommerung am 14. Juli 2011.

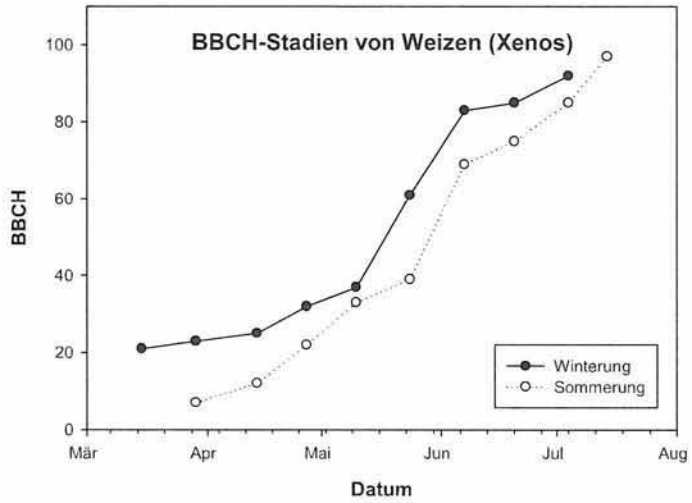

Abbildung 2: BBCH-Entwicklungsstadien von Weizen (Xenos) in Abhängigkeit des Anbautermins: Herbstanbau (Winterung) und Frühjahrsanbau (Sommerung)

5.2.2. BBCH-Codierung von Erbse

Der Frühjahrsanbau konnte sich, bezogen auf die Pflanzenentwicklung, nicht so rasch entwickeln wie der Herbstanbau, dies zeigte sich auch in der späteren Ernte. Die Ernte der Winterung erfolgte am 20. Juni 2011. Die Sommerung erreichte am 4. Juli 2011 das BBCH-Stadium 97 und wurde am 7. Juli 2011 geerntet (Abbildung 3).

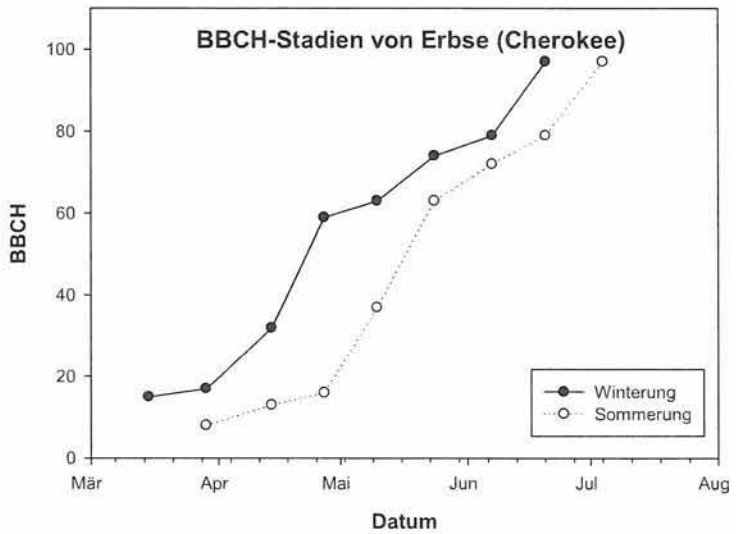

Abbildung 3: BBCH-Entwicklungsstadien von Erbse (Cherokee) in Abhängigkeit des Anbautermins: Herbstanbau (Winterung) und Frühjahrsanbau (Sommerung)

5.2.3. BBCH-Codierung von Einkorn

Die Entwicklung der Herbstaussaat von Einkorn verlief ähnlich zur Entwicklung der Frühjahrsaussaat, von Mitte April 2011 bis Ende Mai 2011 lag die Pflanzenentwicklung der Sommerung jedoch deutlich hinter jener der Herbstaussaat. Die Entwicklung der Winterung von Einkorn stieg ab Ende Mai 2011 bis zum Erntetermin stark an. Diesen starken Entwicklungsanstieg zeigte auch die Sommerung, jedoch erst ab Anfang Juni 2011 bis zur Ernte (Abbildung 4).

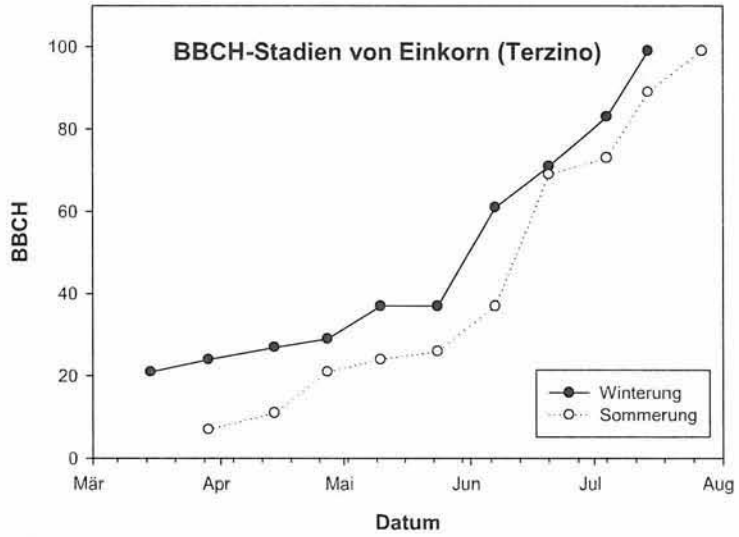

Abbildung 4: BBCH-Entwicklungsstadien von Einkorn (Terzino) in Abhängigkeit des Anbautermins: Herbstanbau (Winterung) und Frühjahrsanbau (Sommerung)

5.2.4. BBCH-Codierung von Triticale (Agrano)

Die Pflanzenentwicklung der Sommerung von Triticale lag vor allem Mitte und Ende Mai 2011 stark hinter jener der Winterung, Ende Mai 2011 stieg die Entwicklungskurve der Sommerung aber deutlich an. Die Sommerung von Triticale (Agrano) wurde sieben Tage nach der Winterung, am 14. Juli 2011, geerntet (Abbildung 5).

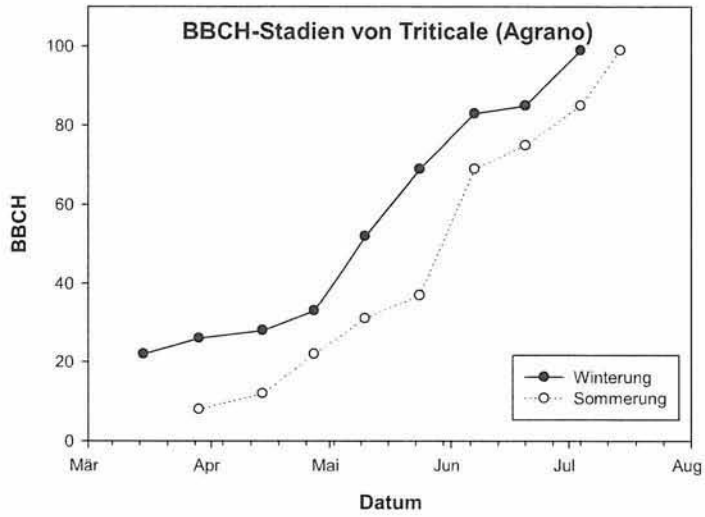

Abbildung 5: BBCH-Entwicklungsstadien von Triticale (Agrano) in Abhängigkeit des Anbautermins: Herbstanbau (Winterung) und Frühjahrsanbau (Sommerung)

5.2.5. BBCH-Codierung von Triticale (Trimmer)

Die Triticale (Trimmer) zeigte bei der Herbstaussaat eine zügige Entwicklung insbesondere vom 27. April 2011 bis zum 7. Juni 2011. Die Entwicklung der Frühjahrsaussaat verlief langsamer, der größte Unterschied zur Winterung war am 24. Mai 2011 zu verzeichnen, hier befand sich die Winterung der Triticale am Ende der Blüte (BBCH 69) und die Sommerung im Vierknotenstadium (BBCH 34) (Abbildung 6).

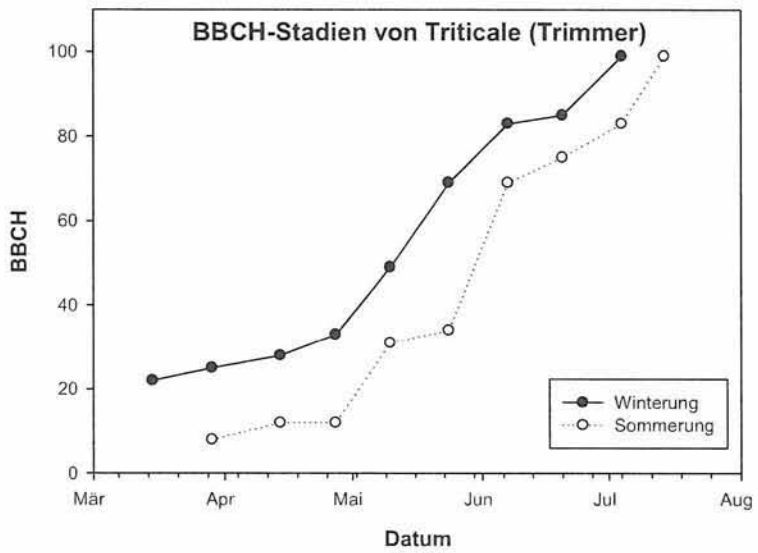

Abbildung 6: BBCH-Entwicklungsstadien von Triticale (Trimmer) in Abhängigkeit des Anbautermins: Herbstanbau (Winterung) und Frühjahrsanbau (Sommerung)

5.3. Bodenbedeckungsgrad

Die Faktoren Kultur und Anbautermin hatten einen signifikanten Einfluss auf die Bodenbedeckung von Weizen, Erbse, Einkorn und Triticale (5. April bis 19. Mai 2011). Zu denselben Terminen wurde eine Wechselwirkung festgestellt. Die im Frühjahr gesäten Getreidearten wiesen zum Teil eine höhere Bodenbedeckung auf als die im Herbst gesäte Erbse. Am raschesten bedeckte bei beiden Anbauterminen die Sorte Agrano den Boden. Am 25. Mai 2011 hatte nur der Faktor Kultur einen signifikanten Einfluss auf den Bodenbedeckungsgrad (Tabelle 4).

Tabelle 4: Ergebnis der zweifachen ANOVA für die Bodenbedeckung (%) in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin im Jahr 2011

Kultur (Sorte)	**5.4.**	**12.4.**	**20.4.**	**27.4.**	**5.5.**	**10.5.**	**19.5.**	**25.5.**
Weizen (Xenos)	$20,9^{c}$	$37,8^{c}$	$44,0^{b}$	$63,3^{c}$	$77,5^{b}$	$89,1^{a}$	$93,2^{a}$	$97,0^{a}$
Erbse (Cherokee)	$6,0^{d}$	$15,1^{d}$	$22,6^{c}$	$43,1^{e}$	$52,6^{d}$	$64,9^{c}$	$90,4^{a}$	$96,7^{a}$
Einkorn (Terzino)	$23,1^{c}$	$38,9^{c}$	$41,1^{b}$	$55,8^{d}$	$65,5^{c}$	$74,2^{b}$	$84,0^{b}$	$97,0^{a}$
Triticale (Agrano)	$37,8^{a}$	$54,7^{a}$	$57,7^{a}$	$78,7^{a}$	$88,9^{a}$	$90,6^{a}$	$92,3^{a}$	$93,7^{ab}$
Triticale (Trimmer)	$32,6^{b}$	$48,8^{b}$	$53,6^{a}$	$69,6^{b}$	$86,6^{a}$	$90,9^{a}$	$92,0^{a}$	$92,1^{b}$
Anbautermin								
Herbst	$46,4^{a}$	68,2a	$74,5^{a}$	$90,4^{a}$	$88,8^{a}$	$88,1^{a}$	$88,9^{b}$	$94,5^{a}$
Frühjahr	$1,7^{b}$	$9,9^{b}$	$13,1^{b}$	$33,8^{b}$	$59,7^{b}$	$75,8^{b}$	$92,0^{a}$	$96,1^{a}$
ANOVA GLM								
Kultur	***	***	***	***	***	***	***	***
Anbautermin	***	***	***	***	***	***	***	*n.s.*
Kultur × Anbautermin	***	***	***	***	***	***	***	*n.s.*

Signifikanzniveau: $p<0,05$ (*), $p<0,01$ (**), $p<0,001$ (***)

5.3.1. Bodenbedeckungsgrad von Weizen

Der Bodenbedeckungsgrad von Weizen ist in Abbildung 7 dargestellt. Deutliche Unterschiede sind bis Ende April zwischen dem Herbst- und Frühjahrsanbau gemessen worden. Ab Mitte Mai 2011 waren Winterung und Sommerung gleichauf, Ende Mai wurde sowohl bei der Winterung als auch bei der Sommerung eine nahezu vollständige Bodenbedeckung erreicht.

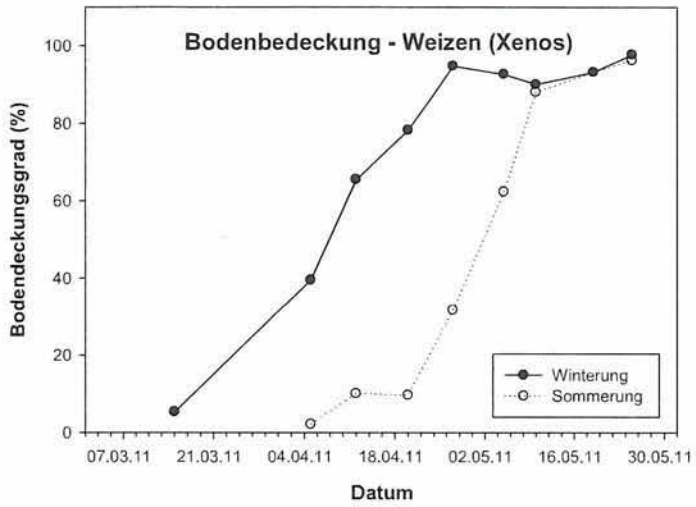

Abbildung 7: Bodenbedeckungsgrad (%) von Weizen in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)

5.3.2. Bodenbedeckungsgrad von Erbse

Mitte April hatte die Erbse im Herbstanbau beinahe die Hälfte der gesamten Bodenbedeckung erreicht. Ab diesem Zeitpunkt tendierte die Winterung der Erbse bis Ende April 2011 zu einer rasanten Zunahme der Bodenbedeckung, Ende Mai erreichte die Winterung eine vollständige Bodendeckung. Der Frühjahrsanbau konnte mit dem Herbstanbau bis Mitte Mai 2011 nicht mithalten und wies eine deutlich geringere Bodendeckung auf. Mitte Mai 2011 konnte die Sommerung jedoch wieder aufholen und der Bodendeckungsgrad der Sommerung entwickelte sich parallel zur Winterung bis Ende Mai (Abbildung 8).

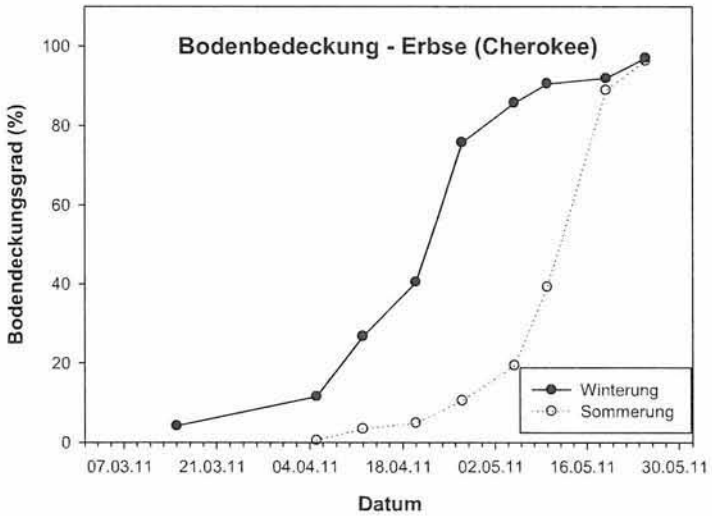

Abbildung 8: Bodenbedeckungsgrad (%) von Erbse in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)

5.3.3. Bodenbedeckungsgrad von Einkorn

Die Entwicklung der Bodenbedeckung von Einkorn im Herbst- und im Frühjahrsanbau war sehr unterschiedlich. Der Bodenbedeckungsgrad des Herbstanbaus zeigte vom Beginn der Entwicklungsperiode bis Ende April 2011 eine enorme Zunahme der Bodenbedeckung. Bis Mitte Mai 2011 fiel der Bodenbedeckungsgrad, anschließend stieg er wieder und erreichte Ende Mai 2011 beinahe eine vollständige Bodendeckung. Die Frühjahrsaussaat hatte bis Ende April 2011 wenig Bodenbedeckung, anschließend stieg diese proportional zur fortlaufenden Vegetationsperiode an und erreichte ihr Maximum Ende Mai 2011 (Abbildung 9).

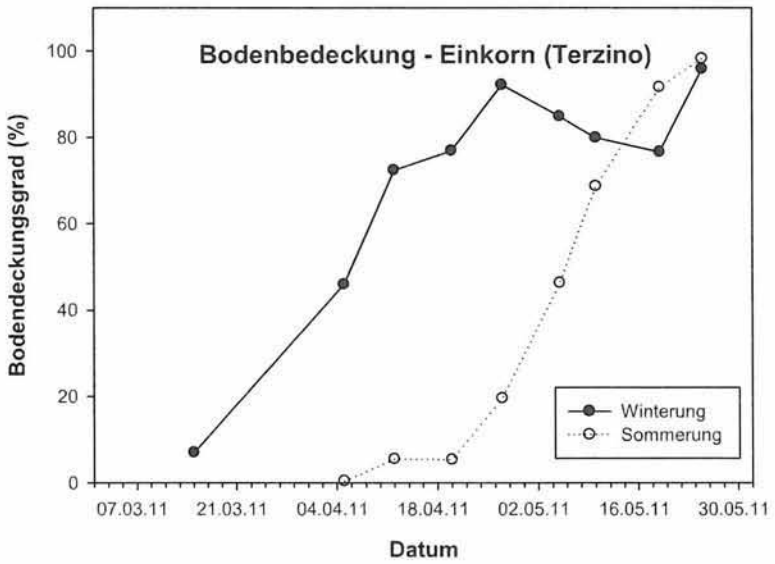

Abbildung 9: Bodenbedeckungsgrad (%) von Einkorn in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)

5.3.4. Bodenbedeckungsgrad von Triticale (Agrano)

Die Varianten Winterung und Sommerung weichen in ihren Werten stark voneinander ab. Der Herbstanbau zeigte von Mitte März 2011 bis Mitte April 2011 eine starke Zunahme des Bodenbedeckungsgrades. Der Frühjahrsanbau zeigte ebenfalls von Anfang April bis Mitte Mai 2011 eine starke Zunahme des Bodenbedeckungsgrades, wodurch eine mit der Winterung vergleichbare Bodenbedeckung erreicht werden konnte. Das Maximum des Bodenbedeckungsgrades erreichten die Winterung und die Sommerung Ende Mai 2011 (Abbildung 10).

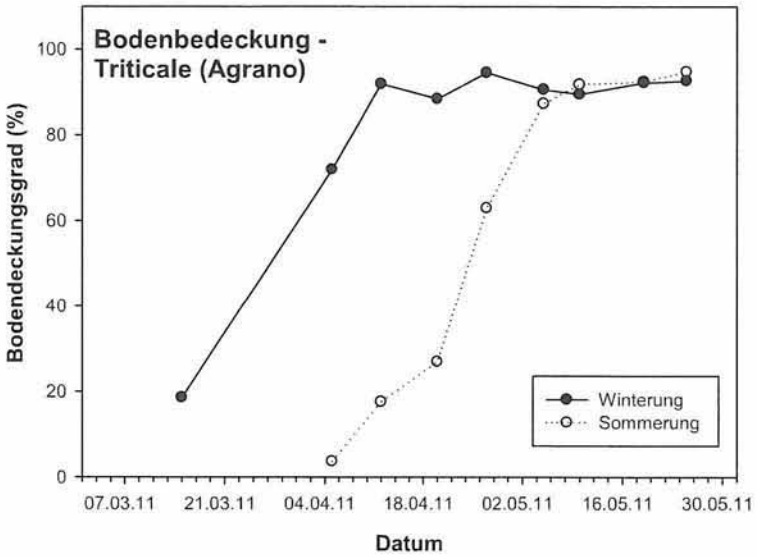

Abbildung 10: Bodenbedeckungsgrad (%) von Triticale, Sorte Agrano, in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)

5.3.5. Bodenbedeckungsgrad von Triticale (Trimmer)

Im Herbstanbau zeigte der Bodenbedeckungsgrad der Sorte Trimmer vom ersten auf den zweiten Beprobungstermin eine rasante Entwicklung. Ende April hatte der Herbstanbau seinen Höhepunkt der Bodenbedeckung erreicht. Der Frühjahrsanbau tendierte ebenfalls zu einer raschen Entwicklung des Bodenbedeckungsgrades (Abbildung 11).

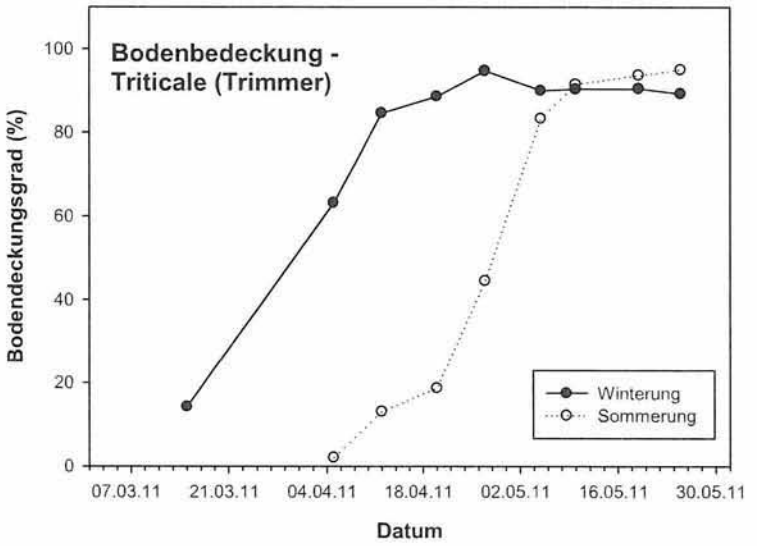

Abbildung 11: Bodenbedeckungsgrad (%) von Triticale, Sorte Trimmer, in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)

5.4. Bestandeshöhe

Die Tabelle 5 zeigt das Ergebnis der zweifachen ANOVA für die Bestandeshöhe in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin. Die Faktoren Kultur und Anbautermin hatten einen signifikanten Einfluss auf die Bestandeshöhe (14. April bis 20. Juni 2011). Es wurde eine Wechselwirkung zwischen den Faktoren festgestellt (14. April bis 7. Juni sowie am 13. Juli 2011), im Herbstanbau unterschieden sich die Kulturen, im Frühjahrsanbau gab es zwischen den Getreidearten keine Unterschiede.

Tabelle 5: Ergebnis der zweifachen ANOVA für die Bestandeshöhe (cm) in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin im Jahr 2011

Kultur (Sorte)	**14.4.**	**27.4.**	**10.5.**	**24.5.**	**7.6.**	**20.6.**	**4.7.**	**13.7.**
Weizen (Xenos)	$14,5^{b}$	$32,7^{a}$	$51,8^{a}$	$90,2^{b}$	$106,6^{b}$	$101,6^{c}$	$99,2^{b}$	$95,0^{b}$
Erbse (Cherokee)	$8,0^{d}$	$17,7^{b}$	$35,3^{b}$	$69,7^{c}$	$79,8^{c}$	$65,0^{d}$	$37,8^{c}$	$26,8^{c}$
Einkorn (Terzino)	$9,7^{c}$	$20,8^{b}$	$29,6^{c}$	$50,3^{d}$	$85,3^{c}$	$108,7^{bc}$	$116,6^{a}$	$112,8^{a}$
Triticale (Agrano)	$16,7^{a}$	$32,5^{a}$	$54,2^{a}$	$98,2^{a}$	$123,7^{a}$	$119,8^{a}$	$123,1^{a}$	$111,7^{a}$
Triticale (Trimmer)	$16,3^{a}$	$32,7^{a}$	$56,2^{a}$	$95,8^{ab}$	$123,1^{a}$	$115,5^{ab}$	$110,7^{ab}$	$108,6^{a}$
Anbautermin								
Herbst	$19,2^{a}$	$41,6^{a}$	$64,8^{a}$	$104,8^{a}$	$116,5^{a}$	$109,0^{a}$	$101,3^{a}$	$92,1^{a}$
Frühjahr	$6,9^{b}$	$13,0^{b}$	$26,1^{b}$	$57,0^{b}$	$90,9^{b}$	$95,2^{b}$	$93,7^{a}$	$88,9^{a}$
ANOVA GLM								
Kultur	***	***	***	***	***	***	***	***
Anbautermin	***	***	***	***	***	***	*n.s.*	*n.s.*
Kultur × Anbautermin	***	***	***	***	***	*n.s.*	*n.s.*	**

Signifikanzniveau: p<0,05 (*), p<0,01 (**), p<0,001 (***)

5.4.1. Bestandeshöhe von Weizen

Die Mittelwerte der Bestandeshöhe von Weizen in Abhängigkeit vom Anbautermin sind in der Abbildung 12 dargestellt. Am 7. Juni 2011 wurde mit 114 cm die höchste Bestandeshöhe der Winterung erreicht. Die Sommerung des Weizens wies deutlich niedrigere Werte der Pflanzenlänge im Vergleich zur Winterung auf und maß Anfang Juni – zum Zeitpunkt der höchsten Bestandeshöhe der Winterung – nur 99 cm.

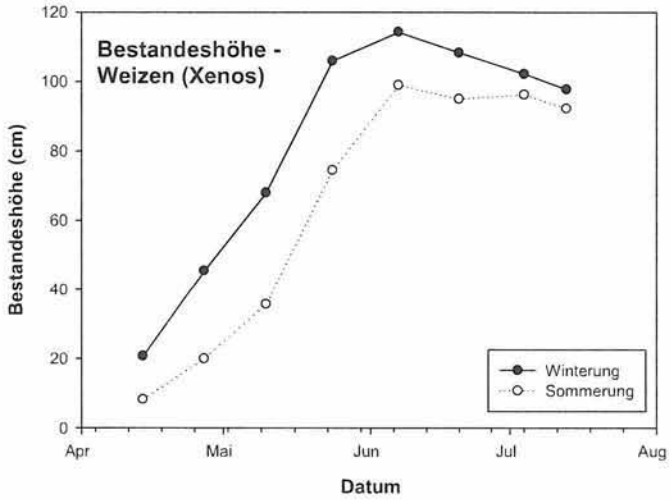

Abbildung 12: Bestandeshöhe (cm) von Weizen im Verlauf der Vegetationsperiode in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)

5.4.2. Bestandeshöhe von Erbse

Bei der Winterung der Erbse zeigte sich der Trend, dass die Bestandeshöhe von Mitte April 2011 bis Ende Mai 2011 stark zunahm und zu diesem Zeitpunkt den höchsten Wert mit 80 cm aufwies. Die Frühjahrsaussaat der Erbse blieb in der Entwicklung hinsichtlich Bestandeshöhe von Beginn der Vegetationsperiode bis Ende Mai 2011 deutlich hinter der Entwicklung der Winterung. Anfang Juni 2011 stieg die Bestandeshöhe der Sommerung auf über 80 cm und überholte bei diesem Messtermin die Winterung. Ende Juni 2011 und Anfang Juli 2011 hatte der Bestand von der Winterung und der Sommerung eine vergleichbare Höhe (Abbildung 13).

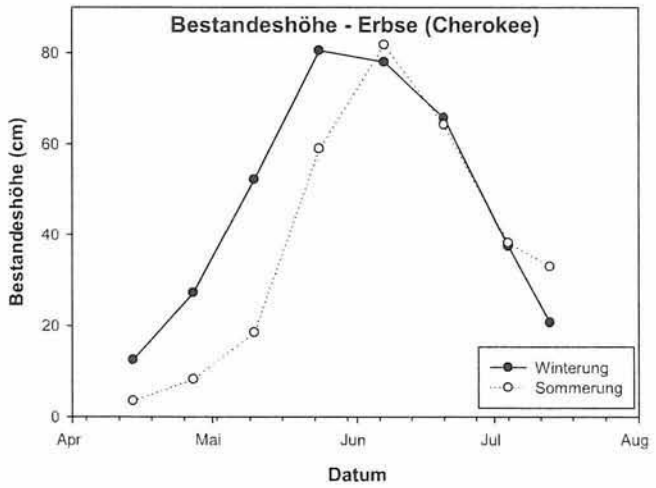

Abbildung 13: Bestandeshöhe (cm) von Erbse im Verlauf der Vegetationsperiode in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)

5.4.3. Bestandeshöhe von Einkorn

Im Laufe der Vegetationsperiode stieg die Bestandeshöhe der Herbstaussaat von Einkorn stetig an und erreichte am 7. Juni 2011 den höchsten Wert von knapp 120 cm. Danach nahm die Bestandeshöhe wieder ab und blieb bis Mitte Juli 2011 auf diesem Niveau. Die Frühjahrsaussaat zeigte bis zum 20. Juni 2011 deutlich niedrigere Werte als die Winterung, Anfang Juli 2011 überholte die Sommerung in der Entwicklung der Bestandeshöhe die Winterung mit einer Höhe von 120 cm. Mitte Juli 2011 ging die Bestandeshöhe der Sommerung zurück (Abbildung 14).

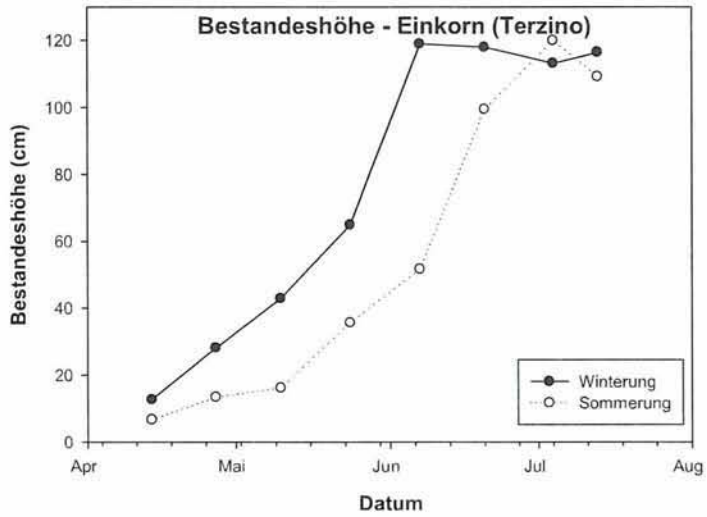

Abbildung 14: Bestandeshöhe (cm) von Einkorn im Verlauf der Vegetationsperiode in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)

5.4.4. Bestandeshöhe von Triticale (Agrano)

Der Herbstanbau von Triticale, Sorte Agrano, zeigte die Tendenz einer rasch ansteigenden Bestandeshöhe bis Ende Mai 2011, anschließend nahm die Pflanzenlänge wieder ab. Der Höhepunkt des Entwicklungsverlaufes der Pflanzenlänge der Winterung war am 24. Mai 2011, hier betrug der gemessene Wert 137 cm. Der Frühjahrsanbau lag im Pflanzenwachstum deutlich hinter dem Herbstanbau und erreichte sein Maximum an Pflanzenlänge Anfang Juni 2011 mit 111 cm (Abbildung 15).

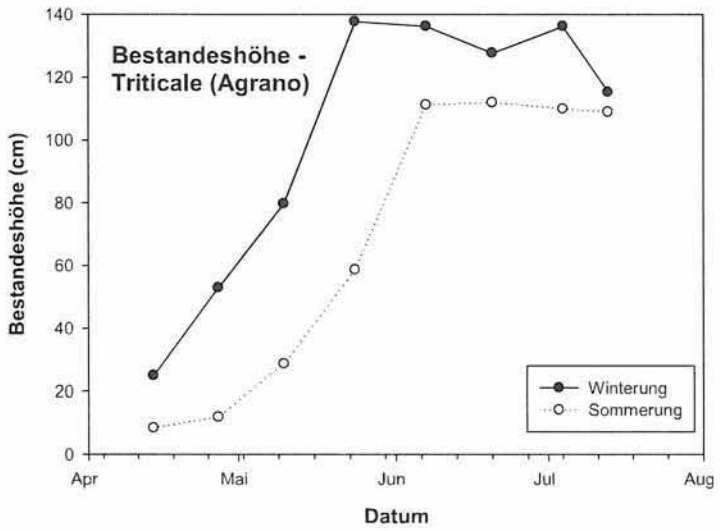

Abbildung 15: Bestandeshöhe (cm) von Triticale (Sorte Agrano) im Verlauf der Vegetationsperiode in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)

5.4.5. Bestandeshöhe von Triticale (Trimmer)

Der Trend verlief bei der Winterung der Sorte Trimmer ähnlich wie bei der Sommerung, mit dem entscheidenden Unterschied, dass die Sommerung deutlich geringere Werte aufwies: Die Bestandeshöhe des Herbstanbaus von Trimmer nahm bis Ende Mai 2011 stark zu, erreichte zu diesem Zeitpunkt ihren Höhepunkt und nahm bis Mitte Juli 2011, zum Ende der Entwicklungsperiode, wieder ein wenig ab. Der Frühjahrsanbau erreichte die größte Bestandeshöhe mit 110 cm zwei Wochen nach der Winterung, nämlich am 7. Juni 2011 (Abbildung 16).

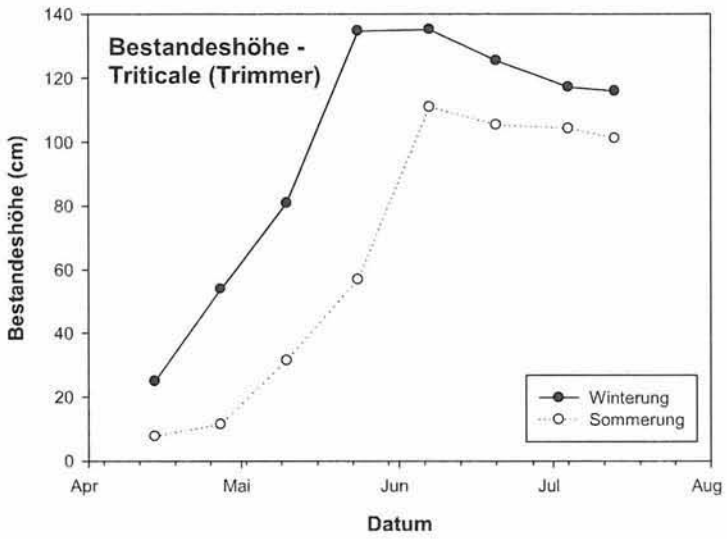

Abbildung 16: Bestandeshöhe (cm) von Triticale (Sorte Trimmer) im Verlauf der Vegetationsperiode in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)

5.5. Oberirdische Biomasse

Tabelle 6 zeigt das Ergebnis der zweifaktoriellen Varianzanalyse für die oberirdische Biomasse in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin. Die Faktoren Kultur und Anbautermin wirkten sich signifikant auf die oberirdische Biomasse aus (12. April bis 20. Juni 2011). Die Wechselwirkung zwischen Kultur und Anbautermin bezog sich darauf, dass im Frühjahrsanbau die Kulturen die gleiche Entwicklung zeigten, mit der Ausnahme von Einkorn. Im Herbstanbau unterschieden sich die Kulturen stärker voneinander, insbesondere Einkorn und Erbse (12. April bis 24. Mai 2011).

Tabelle 6: Ergebnis der zweifachen ANOVA für die oberirdische Biomasse (g m^{-2}) in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin im Jahr 2011

Kultur (Sorte)	**15.03.**	**29.03.**	**12.04.**	**27.04.**	**10.05.**	**24.05.**	**07.06.**	**20.06.**
Weizen (Xenos)	$7,8^{c}$	$15,0^{c}$	$41,3^{b}$	$106,7^{b}$	$308,5^{a}$	$633,4^{a}$	$883,0^{a}$	$1104,2^{b}$
Erbse (Cherokee)	$13,6^{b}$	$21,2^{b}$	$30,7^{b}$	$67,4^{c}$	$174,7^{b}$	$416,0^{b}$	$662,1^{b}$	$969,5^{a}$
Einkorn (Terzino)	$8,5^{c}$	$12,7^{c}$	$31,5^{b}$	$64,8^{c}$	$135,5^{b}$	$286,9^{c}$	$444,8^{c}$	$727,9^{b}$
Triticale (Agrano)	$19,9^{a}$	$30,3^{a}$	$70,8^{a}$	$159,5^{a}$	$300,8^{a}$	$611,5^{a}$	$856,5^{a}$	$982,6b^{c}$
Triticale (Trimmer)	$16,7^{ab}$	$29,9^{a}$	$58,5^{a}$	$148,6^{a}$	$325,4^{a}$	$642,4^{a}$	$885,6^{a}$	$1088,9^{b}$
Anbautermin								
Herbst	-	-	$86,8^{a}$	$194,0^{a}$	$401,9^{a}$	$708,9^{a}$	$928,5^{a}$	$1124,3^{a}$
Frühjahr	-	-	$6,4^{b}$	$24,8^{b}$	$96,1^{b}$	$327,2^{b}$	$564,3^{b}$	825^{b}
ANOVA GLM								
Kultur	***	***	***	***	***	***	***	***
Anbautermin	-	-	***	***	***	***	***	***
Kultur × Anbautermin	-	-	***	***	***	*	*n.s.*	*n.s.*

Signifikanzniveau: p<0,05 (*), p<0,01 (**), p<0,001 (***)

5.5.1. Oberirdische Biomasse von Weizen

Abbildung 17 zeigt die oberirdische Biomasse von Weizen in Abhängigkeit vom Anbautermin. Ab Ende April 2011 konnte sowohl im Herbstanbau als auch im Frühjahrsanbau bei Weizen eine zügige Entwicklung der Biomasse festgestellt werden, die Frühjahrsaussaat hatte jedoch eine deutlich niedrigere Zunahme.

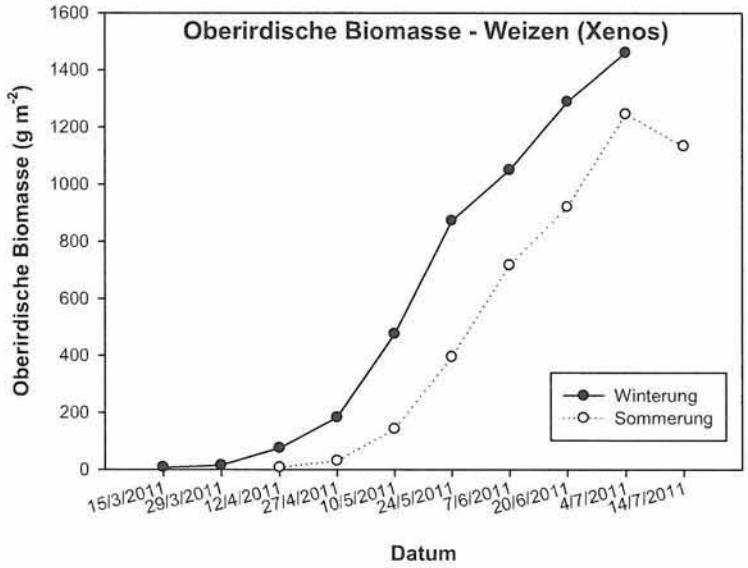

Abbildung 17: Oberirdische Biomasse von Weizen (g m^{-2}) in Abhängigkeit von vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)

5.5.2. Oberirdische Biomasse von Erbse

Die oberirdische Biomasse von Erbse im Verlauf der Vegetationsperiode in Abhängigkeit vom Anbautermin ist in Abbildung 18 dargestellt. Von Ende April 2011 bis Ende Juni 2011 konnte sich die Erbse sowohl im Herbstanbau als auch im Frühjahrsanbau gut in der oberirdischen Biomasse entwickeln, die Sommerung zeigte aber im Vergleich zur Winterung weniger Biomasse (Abbildung 18).

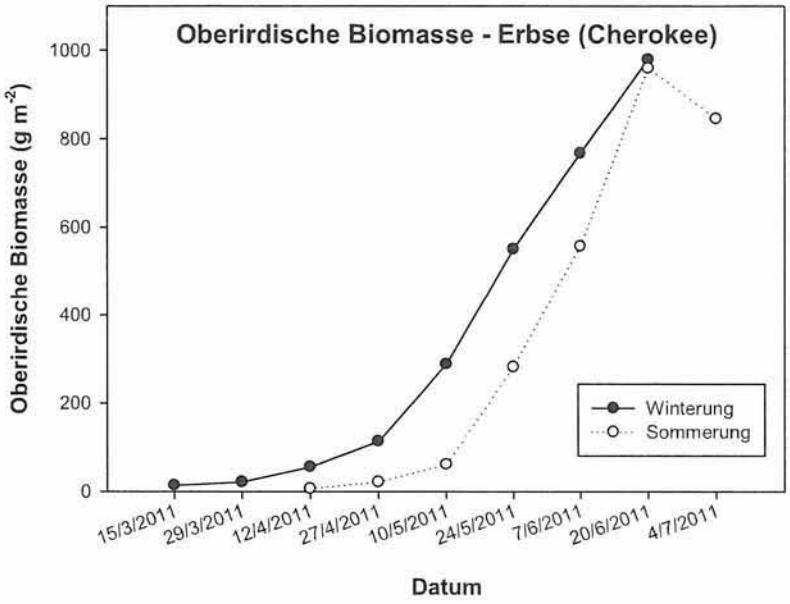

Abbildung 18: Oberirdische Biomasse von Erbse (g m^{-2}) in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)

5.5.3. Oberirdische Biomasse von Einkorn

Die oberirdische Biomasse von Einkorn zeigte im Herbstanbau eine langsame Entwicklung von Mitte März bis Mitte April 2011, ab Mitte Mai 2011 kam es zu einer Zunahme der oberirdischen Biomasse, das Maximum wurde Anfang Juli 2011 erreicht. Danach nahm die oberirdische Biomasse der Winterung ab. Der Frühjahrsanbau entwickelte sich ähnlich zur Herbstaussaat, jedoch mit geringerer Biomasse. Im Frühjahrsanbau wurde ebenfalls das Maximum der oberirdischen Biomasse Anfang Juli 2011 erreicht (Abbildung 19).

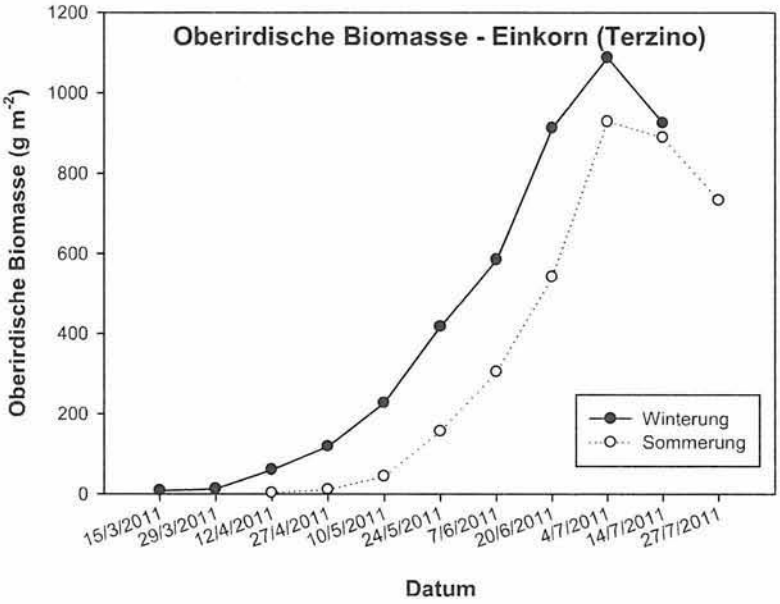

Abbildung 19: Oberirdische Biomasse von Einkorn (g m^{-2}) in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)

5.5.4. Oberirdische Biomasse von Triticale (Agrano)

Im Frühjahrsanbau war die oberirdische Biomasse von Triticale, Sorte Agrano, dem Herbstanbau während der gesamten Vegetationsperiode unterlegen. Auch zum Erntetermin der Winterung zeigte die oberirdische Biomasse der Sommerung einen deutlich niedrigeren Wert (Abbildung 20).

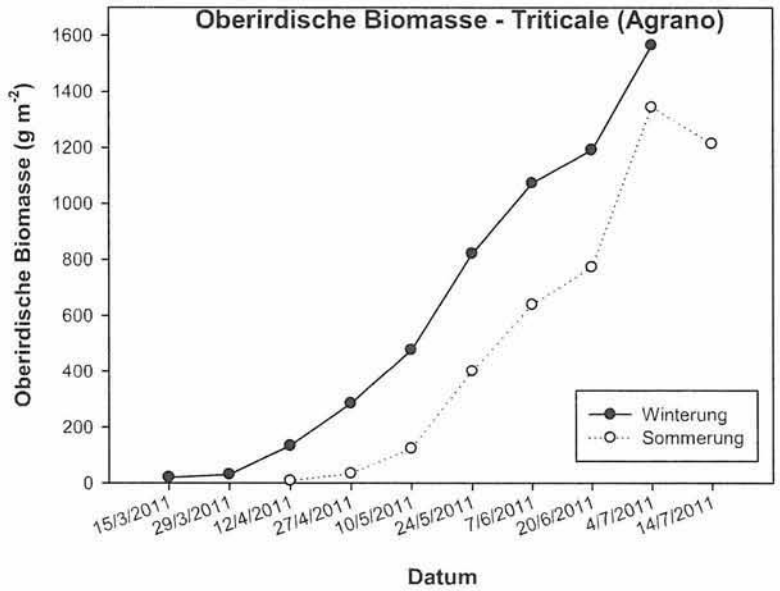

Abbildung 20: Oberirdische Biomasse (g m^{-2}) von Triticale (Sorte Agrano) in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)

5.5.5. Oberirdische Biomasse von Triticale (Trimmer)

Die Entwicklung der oberirdischen Biomasse von Triticale, Sorte Trimmer (Abbildung 21), verlief ähnlich zur Entwicklung der Sorte Agrano (Abbildung 20). Vom 12. April 2011 bis zum 4. Juli 2011 konnte eine zügige Entwicklung der oberirdischen Biomasse festgestellt werden, welche im Herbstanbau höher als im Frühjahrsanbau ausfiel. Zum Erntetermin hin sankt die oberirdische Biomasse der Sommerung.

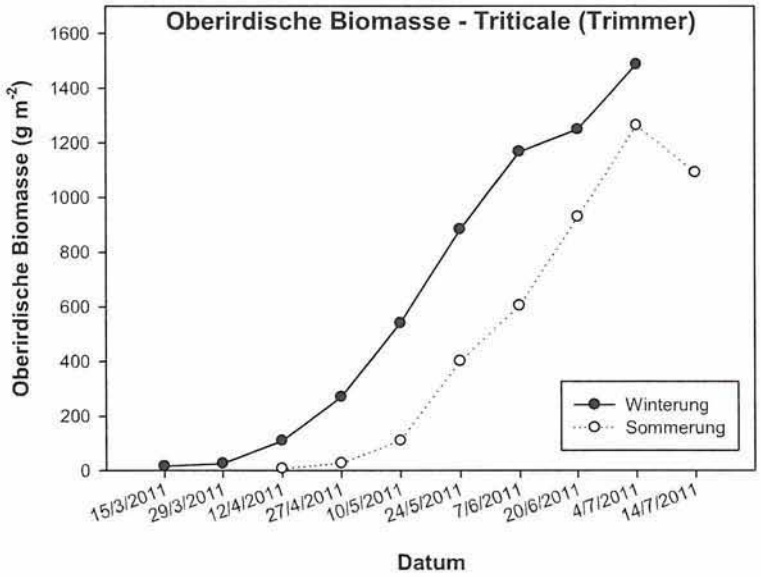

Abbildung 21: Oberirdische Biomasse (g m^{-2}) von Triticale (Sorte Trimmer) in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)

5.6. Leaf Area Index

Tabelle 7 präsentiert die Ergebnisse der zweifaktoriellen Varianzanalyse des Blattflächenindexes in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin. Die Faktoren Kultur und Anbautermin zeigten einen signifikanten Einfluss auf den Leaf Area Index (12. April und 25. Mai 2011). Es konnte eine Wechselwirkung zwischen den Faktoren festgestellt werden (12. April 2011), im Herbstanbau waren die Triticale-Sorten den anderen Kulturen überlegen, im Frühjahrsanbau waren Weizen und die Triticale-Sorten dem Einkorn und der Erbse überlegen.

Tabelle 7: Ergebnis der zweifachen ANOVA für den Blattflächenindex (g m^{-2}) in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin im Jahr 2011

Kultur (Sorte)	15.3.	29.3.	12.4.	27.4.	10.5.	25.5.	7.6.	20.6.
Weizen (Xenos)	$0,071^{c}$	$0,209^{c}$	$0,571^{b}$	$1,179^{ab}$	$5,0^{a}$	$5,7^{a}$	$6,3^{a}$	$4,9^{a}$
Erbse (Cherokee)	$0,076^{c}$	$0,157^{c}$	$0,382^{b}$	$0,790^{c}$	$4,2^{a}$	$5,0^{ab}$	$5,7^{a}$	$4,4^{a}$
Einkorn (Terzino)	$0,078^{c}$	$0,158^{c}$	$0,476^{b}$	$0,873^{bc}$	$4,4^{a}$	$4,2^{b}$	$5,6^{a}$	$4,6^{a}$
Triticale (Agrano)	$0,197^{a}$	$0,437^{a}$	$1,245^{a}$	$1,293^{a}$	$4,9^{a}$	$5,2^{ab}$	$5,4^{a}$	$4,5^{a}$
Triticale (Trimmer)	$0,152^{b}$	$0,342^{b}$	$0,750^{b}$	$1,123^{ab}$	$5,2^{a}$	$5,2^{b}$	$5,1^{a}$	$4,2^{a}$
Anbautermin								
Herbst	-	-	$1,289^{a}$	$1,771^{a}$	-	$5,6^{a}$	$5,7^{a}$	$4,4^{a}$
Frühjahr	-	-	$0,081^{b}$	$0,331^{b}$	-	$4,6^{b}$	$5,5^{a}$	$4,7^{a}$
ANOVA GLM								
Kultur	***	***	***	n.s.	*n.s.*	*	*n.s.*	*n.s.*
Anbautermin	-	-	***	***	-	***	*n.s.*	*n.s.*
Kultur × Anbautermin	-	-	***	n.s.	-	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*

Signifikanzniveau: $p<0,05$ (*), $p<0,01$ (**), $p<0,001$ (***)

5.6.1. Leaf Area Index von Weizen

Der Leaf Area Index von Weizen ist in Abbildung 22 dargestellt. Der Blattflächenindex von Weizen stieg sowohl im Herbst- als auch im Frühjahrsanbau von Ende April 2011 bis Anfang Juni 2011 an und erreichte zum selben Beprobungstermin sein Maximum. Von Anfang Juni 2011 bis Mitte Juli 2011 nahm der LAI bei der Winterung und bei der Sommerung wieder ab.

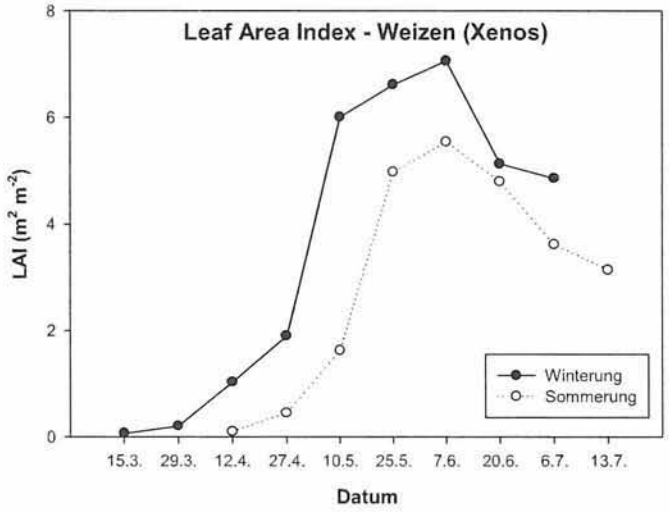

Abbildung 22: LAI (m^2 m^{-2}) von Weizen in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)

5.6.2. Leaf Area Index von Erbse

Die Mittelwerte des Blattflächenindexes (m^2 m^{-2}) von Erbse sind in Abbildung 23 dargestellt. Der Herbst- und Frühjahrsanbau der Erbse zeigte von Beginn der Vegetationsperiode bis Ende Mai 2011 eine ähnliche Entwicklung des Blattflächenindexes. Anfang Juni 2011 überholte die Frühjahrsaussaat von Erbse die Herbstaussaat und zeigte zu diesem Beprobungstermin ihren Höchstwert. Nach Erreichen der Höchstwerte nahmen die Blattflächenindices bei beiden Ernteterminen ab.

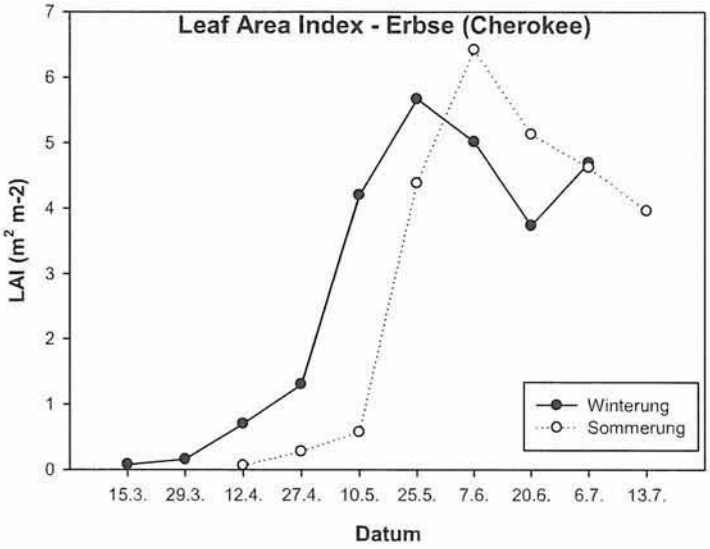

Abbildung 23: LAI (m^2 m^{-2}) von Erbse in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)

5.6.3. Leaf Area Index von Einkorn

Der Blattflächenindex des Herbstanbaus stieg von Mitte Mai 2011 bis Anfang Juni 2011 an und befand sich zu diesem Beprobungstermin an seinem Höhepunkt. Der Frühjahrsanbau von Terzino stieg vom Ende Mai 2011 bis Anfang Juni 2011 stark an und wies zum selben Beprobungstermin wie das im Herbst angebaute Einkorn den höchsten Blattflächenindex auf (Abbildung 24).

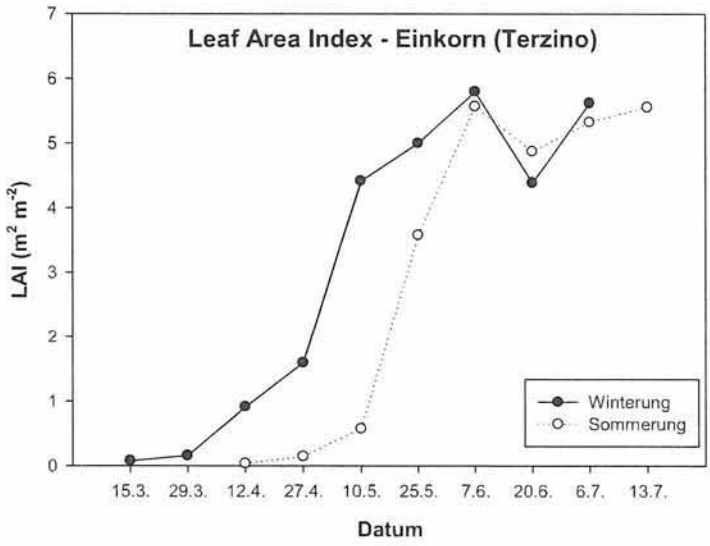

Abbildung 24: LAI (m^2 m^{-2}) von Einkorn in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)

5.6.4. Leaf Area Index von Triticale (Agrano)

Abbildung 25 zeigt die Mittelwerte des Blattflächenindexes von Triticale, Sorte Agrano, in Abhängigkeit vom Anbautermin auf. Der Blattflächenindex des Frühjahrsanbaus von Agrano lag zwar unter dem Blattflächenindex des Herbstanbaus, der Verlauf der Entwicklung des LAI verlief jedoch bei beiden Anbauterminen ähnlich. Sowohl Winterung als auch Sommerung erreichten am 7. Juni 2011 ihr Maximum, danach nahm der Blattflächenindex bei der Winterung und Sommerung bis zur Ernte ab.

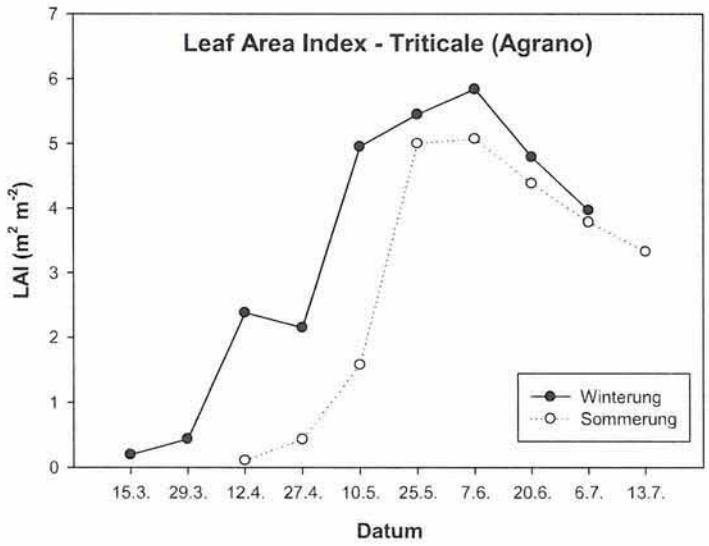

Abbildung 25: LAI (m^2 m^{-2}) von Triticale, Sorte Agrano, in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)

5.6.5. Leaf Area Index von Triticale (Trimmer)

Der Leaf Area Index von Trimmer im Herbstanbau entwickelte sich von Mitte März 2011 bis Ende April 2011 langsam, danach konnte der Blattflächenindex bis Mitte Mai 2011 stark zunehmen. Der Blattflächenindex von Trimmer im Frühjahrsanbau zeigte ebenfalls von Ende April 2011 bis Mitte Mai 2011 eine enorme Zunahme. Anfang Juni 2011 kam es zu einem starken Absinken des Blattflächenindexes von Winterung und Sommerung, wobei hier beachtet werden muss, dass Ende Juni 2011 der LAI der Winterung bereits unter dem LAI der Sommerung lag (Abbildung 26).

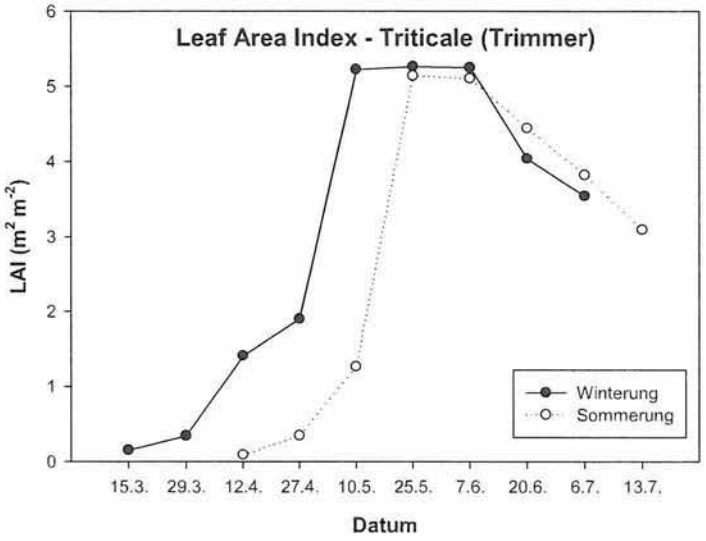

Abbildung 26: LAI (m^2 m^{-2}) von Triticale, Sorte Trimmer, in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)

5.7. Lagerneigung

5.7.1. Lagerneigung zum Beprobungstermin am 4. Juli 2011

Die Lagerneigung der untersuchten Kulturen am 4. Juli 2011 in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin ist in Abbildung 27 dargestellt. Bei Weizen und Triticale konnte sowohl im Herbst- als auch im Frühjahrsanbau keine Lagerneigung festgestellt werden. Bei Einkorn konnte im Frühjahrsanbau keine Lagerneigung festgestellt werden, im Herbstanbau wies Einkorn im Vergleich zu Weizen und Triticlae deutlich mehr Lagerneigung auf. Die Erbse grenzte sich deutlich mit einer starken Lagerneigung, sowohl bei der Winterung als auch bei der Sommerung, von den anderen Kulturen ab.

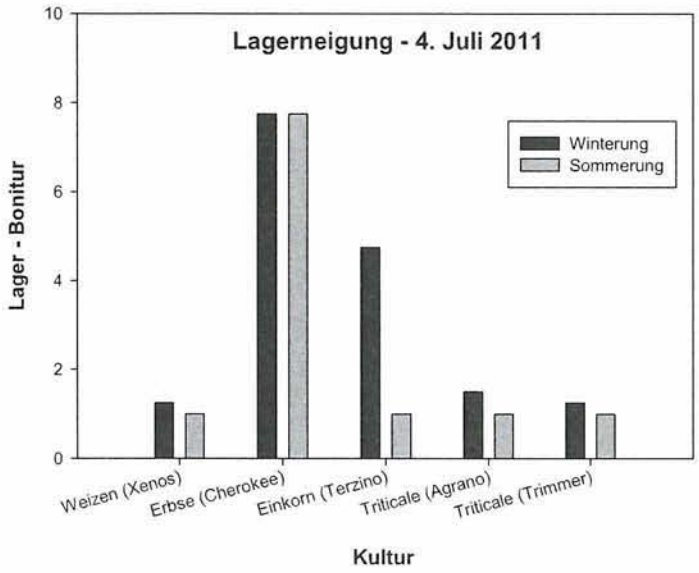

Abbildung 27: Lagerneigung der verschiedenen Kulturen am 4. Juli 2011 in Abhängigkeit des Anbautermins: Herbstanbau (Winterung) und Frühjahrsanbau (Sommerung)

5.7.2. Lagerneigung zum Beprobungstermin am 13. Juli 2011

Die Erbse zeigte sowohl im Herbst- als auch im Frühjahrsanbau eine starke Neigung zu lagern und unterschied sich dadurch sehr deutlich von den anderen Kulturen (Abbildung 28). Bei Einkorn konnte im Herbstanbau im Vergleich zum Frühjahrsanbau ein deutlich stärkerer Hang zu lagern festgestellt werden. Die Sommerung von Weizen und Triticale zeigte keine Lagerneigung, im Herbstanbau konnte bei diesen Kulturen eine geringe Lagerneigung festgestellt werden.

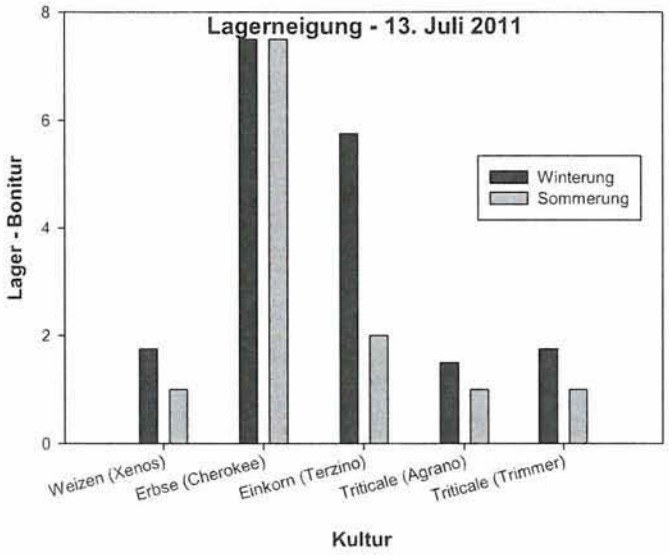

Abbildung 28: Lagerneigung der verschiedenen Kulturen am 13. Juli 2011 in Abhängigkeit des Anbautermins: Herbstanbau (Winterung) und Frühjahrsanbau (Sommerung)

5.8. N_{min}-Gehalt im Boden

Tabelle 8 zeigt das Ergebnis der zweifachen ANOVA für den Nitratstickstoffgehalt im Boden. Am 27. April 2011 und am 24. Mai 2011 wurde ein signifikanter Einfluss der Faktoren auf den Nitratstickstoffgehalt im Boden festgestellt, eine Wechselwirkung zeigte sich am 24. Mai 2011.

Tabelle 8: Ergebnis der zweifachen ANOVA des Nitratstickstoffgehaltes im Boden in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin im Jahr 2011

Kultur	29.3.	27.4.	24.5.
Weizen (Weizen)	129,9[a]	55,0[b]	19,6[b]
Erbse (Cherokee)	131,4[a]	98,9[a]	52,7[a]
Einkorn (Terzino)	101,6[a]	62,2[b]	23,5[b]
Triticale (Agrano)	95,0[a]	41,1[b]	19,2[b]
Triticale (Trimmer)	93,7[a]	67,3[b]	20,9[b]
Anbautermin			
Herbst	-	15,7[b]	10,6[b]
Frühjahr	-	114,1[a]	43,8[a]
ANOVA GLM			
Kultur	*n.s.*	**	***
Anbautermin	-	***	***
Kultur × Anbautermin	-	*n.s.*	***

Signifikanzniveau: p<0,05 (*), p<0,01 (**), p<0,001 (***)

5.8.1. N_{min}-Gehalt im Boden im Herbstanbau

Der Nitratstickstoffgehalt im Boden lag im Herbstanbau wenige Wochen nach Vegetationsbeginn am 29. März 2011 bei den beprobten Kulturarten zwischen 90 kg ha^{-1} und 130 kg ha^{-1} (Abbildung 29). Weizen und Erbse grenzten sich durch einen deutlich höheren Nitratstickstoffgehalt zu diesem Datum von Einkorn und Triticale ab. Ende April konnte eine starke Abnahme des Nitratstickstoffgehaltes im Boden im Vergleich zum ersten Beprobungstermin festgestellt werden. Ende Mai 2011 war unter Weizen, Einkorn und Triticale nur mehr ein geringer Nitratstickstoffgehalt im Boden vorhanden, bei der Erbse lag der Nitratstickstoffgehalt im Herbstanbau Ende Mai 2011 geringfügig über jenem der anderen Kulturen.

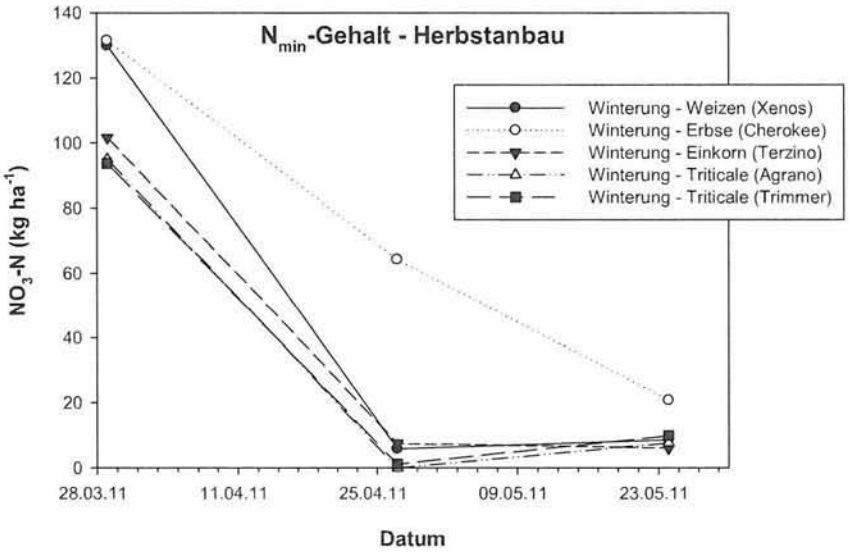

Abbildung 29: Nitratstickstoffgehalt im Boden von Weizen, Erbse, Einkorn und Triticale im Herbstanbau (Mittelwerte, n=4)

5.8.2. N_{min}-Gehalt im Boden im Frühjahrsanbau

Am 27. April 2011 war der Nitratstickstoffgehalt im Boden unter Erbse und Trimmer am höchsten (Abbildung 30), der geringste mineralische Stickstoffgehalt im Boden war unter der Sorte Agrano zu finden. Im Frühjahrsanbau ging der mineralische Stickstoffgehalt bei allen Kulturen von Ende April 2011 bis Ende Mai 2011 stark zurück, wobei sich hier die Getreidegruppe stark von der Erbse distanzierte.

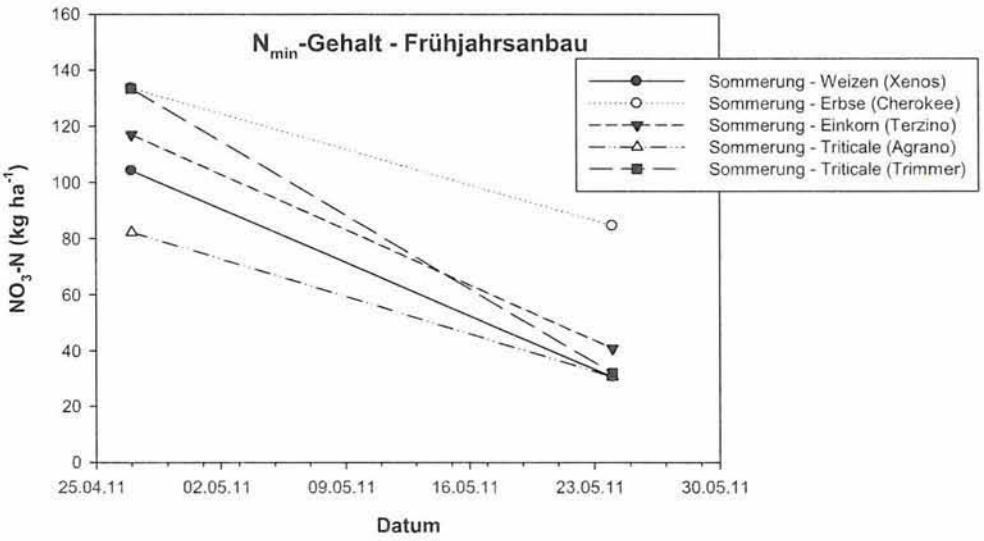

Abbildung 30: Nitratstickstoffgehalt im Boden von Weizen, Erbse, Einkorn und Triticale im Frühjahrsanbau (Mittelwerte, n=4)

5.9. Ergebnisse der Wachstumsanalyse

5.9.1. Absolute Wachstumsrate (Crop growth rate)

Die Faktoren Kultur und Anbautermin hatten einen signifikanten Einfluss auf die absolute Wachstumsrate (12. April 2011 bis zum 24. Mai 2011). Es konnte vom 12. April bis zum 27. April 2011 eine Wechselwirkung festgestellt werden, die absolute Wachstumsrate der Kulturen unterschied sich im Herbstanbau, während Wachstumsraten in vergleichbarer Höhe bei den im Frühjahr gesäten Kulturen auftraten (Tabelle 9).

Tabelle 9: Ergebnis der zweifachen ANOVA der absoluten Wachstumsrate (g m^{-2} d^{-1}) in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin im Jahr 2011

Kultur (Sorte)	12.4.-27.4.	27.4.-10.5.	10.5.-24.5.	24.5.-7.6.	Ernte*
Weizen (Xenos)	$4,3^{ab}$	$15,5^{a}$	$23,2^{a}$	$17,8^{a}$	$13,2^{a}$
Erbse (Cherokee)	$2,4^{b}$	$8,2b^{c}$	$17,2^{ab}$	$17,5^{a}$	$13,4^{a}$
Einkorn (Terzino)	$2,2^{b}$	$5,4^{c}$	$10,8^{b}$	$17,2^{a}$	$8,8^{a}$
Triticale (Agrano)	$5,9^{a}$	$10,8^{abc}$	$22,1^{a}$	$17,4^{a}$	$16,8^{a}$
Triticale (Trimmer)	$6,0^{a}$	$13,5^{ab}$	$22,6^{a}$	$17,3^{a}$	$12,5^{a}$
Anbautermin					
Herbst	$7,1^{a}$	$15,9^{a}$	$21,9^{a}$	$15,6^{a}$	$14,1^{a}$
Frühjahr	$1,2^{b}$	$5,4^{b}$	$16,5^{b}$	$16,9^{a}$	$11,8^{a}$
ANOVA GLM					
Kultur	***	***	***	*n.s.*	*n.s.*
Anbautermin	***	***	**	*n.s.*	*n.s.*
Kultur × Anbautermin	**	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*

Signifikanzniveau: p<0,05 (*), p<0,01 (**), p<0,001 (***)

*Ernte:

20.06.2011: Winterung von Erbse (Cherokee)

04.07.2011: Winterung von Erbse (Cherokee), Sommerung von Weizen (Xenos), Sommerung von Triticale (Agrano, Trimmer)

14.07.2011: Sommerung von Einkorn (Terzino), Sommerung Weizen (Xenos), Sommerung Triticale (Agrano, Trimmer)

27.07.2011. Sommerung Einkorn (Terzino)

Die Ergebnisse der absoluten Wachstumsrate im Herbstanbau in Abhängigkeit von der Kultur werden in der Abbildung 31 (a) dargestellt. Die absolute Wachstumsrate im Herbstanbau stieg von Mitte April 2011 im Verlauf der Vegetationsperiode an und erreichte das Maximum von Mitte bis Ende Mai 2011. Die höchste absolute Wachstumsrate wurde von Mitte bis Ende Mai 2011 bei Weizen festgestellt (BBCH zwischen 37 und 61), gefolgt von Triticale (BBCH 69), Erbse (BBCH zwischen 63 und 74) und Einkorn (BBCH 37).

Abbildung 31 (b) zeigt die absolute Wachstumsrate im Frühjahrsanbau in Abhängigkeit von der Kultur. Im Frühjahrsanbau war die absolute Wachstumsrate generell niedriger als im Herbstanbau. Beide Triticale-Sorten erreichten ihr Maximum der absoluten Wachstumsrate zwischen Mitte und Ende Mai 2011 (BBCH zwischen 31 und 37). Bei Weizen, Erbse und Einkorn wurde die höchste absolute Wachstumsrate zwischen Ende Mai und Anfang Juni 2011 festgestellt. In diesem Zeitraum befand sich Weizen im BBCH-Stadium zwischen 39 und 69, Erbse im BBCH-Stadium zwischen 63 und 72 und Einkorn im BBCH-Stadium zwischen 26 und 37.

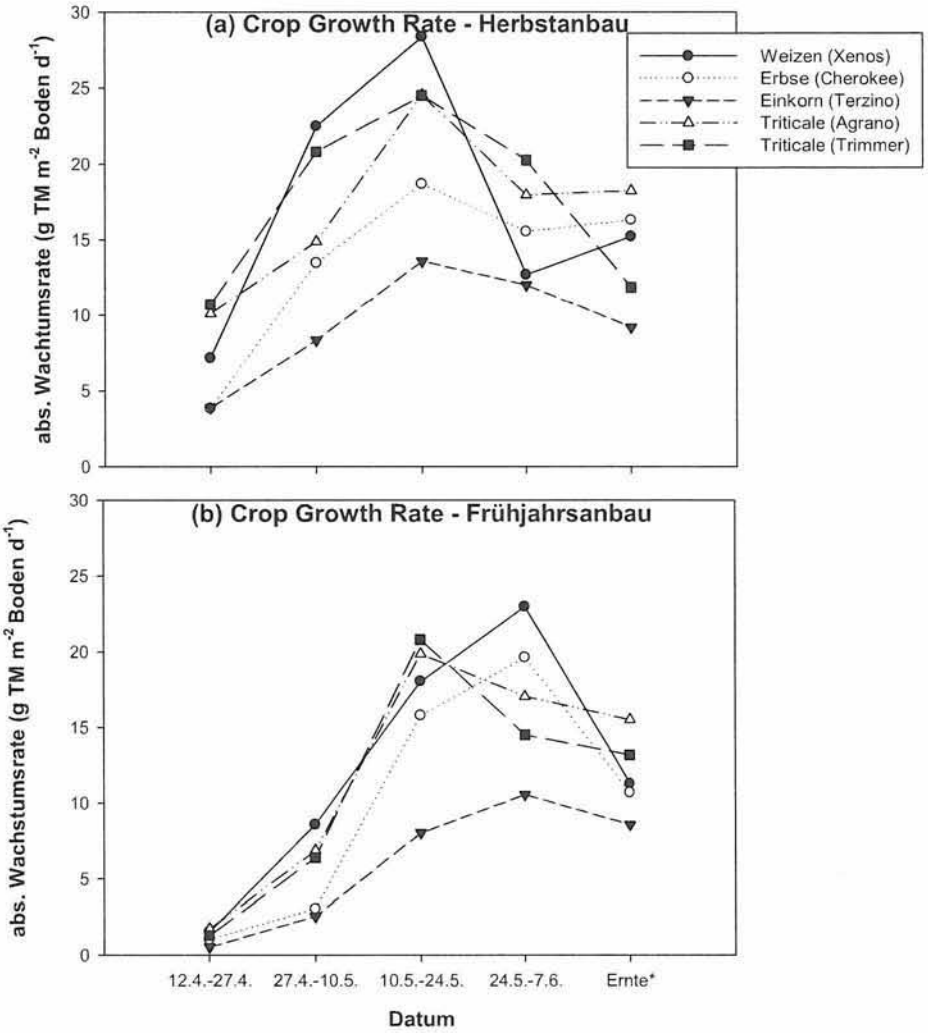

Abbildung 31: Absolute Wachstumsrate von Weizen, Erbse, Einkorn und Triticale im (a) Herbstanbau und (b) Frühjahrsanbau (Mittelwerte, n=4)

5.9.2. Relative Wachstumsrate (Relative growth rate)

Der Anbautermin hatte einen signifikanten Einfluss auf die relativen Wachstumsraten. Im Zeitraum vom 27.4.2011 bis zum 10.5.2011 hatte die im Herbst gesäte Erbse im Vergleich zu den weiteren Kulturen eine hohe relative Wachstumsrate, die im Frühjahr gesäte eine niedrige (Tabelle 10).

Tabelle 10: Ergebnis der zweifachen ANOVA der relativen Wachstumsrate (g g^{-1} d^{-1}) in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin im Jahr 2011

Kultur (Sorte)	12.4.-27.4.	27.4.-10.5.	10.5.-24.5.	24.5.-7.6.	Ernte*
Weizen (Xenos)	0,078[a]	0,095[a]	0,057[a]	0,028[a]	0,012[a]
Erbse (Cherokee)	0,067[a]	0,075[ab]	0,078[a]	0,035[a]	0,017[a]
Einkorn (Terzino)	0,068[a]	0,076[ab]	0,065[a]	0,038[a]	0,014[a]
Triticale (Agrano)	0,072[a]	0,068[b]	0,062[a]	0,026[a]	0,015[a]
Triticale (Trimmer)	0,072[a]	0,081[ab]	0,063[a]	0,024[a]	0,012[a]
Anbautermin					
Herbst	0,053[b]	0,057[b]	0,040[b]	0,020[b]	0,013[a]
Frühjahr	0,090[a]	0,102[a]	0,090[a]	0,040[a]	0,015[a]
ANOVA GLM					
Kultur	*n.s.*	*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*
Anbautermin	***	***	***	***	*n.s.*
Kultur × Anbautermin	*n.s.*	*	*n.s.*	*n.s.*	*n.s.*

Signifikanzniveau: p<0,05 (*), p<0,01 (**), p<0,001 (***)

*Ernte:

20.06.2011: Winterung von Erbse (Cherokee)

04.07.2011: Winterung von Erbse (Cherokee), Sommerung von Weizen (Xenos), Sommerung von Triticale (Agrano, Trimmer)

14.07.2011: Sommerung von Einkorn (Terzino), Sommerung Weizen (Xenos), Sommerung Triticale (Agrano, Trimmer)

27.07.2011. Sommerung Einkorn (Terzino)

Die Ergebnisse der relativen Wachstumsrate im Herbstanbau in Abhängigkeit von der Kultur sind in der Abbildung 32 (a) dargestellt. Das Maximum der relativen Wachstumsrate im Herbstanbau wurde von allen Kulturen Ende April bis Mitte Mai 2011 erreicht. Bei Weizen (BBCH zwischen 32 und 37) und Erbse (BBCH 59 bis 63)

konnten Ende April bis Mitte Mai 2011 höhere relative Wachstumsraten festegestellt werden als bei Triticale (BBCH 33 bis 52) und Einkorn (BBCH 29 bis 37).

Abbildung 32 (b) zeigt die relative Wachstumsrate im Frühjahrsanbau in Abhängigkeit von der Kultur. Die relative Wachstumsrate zeigte im Frühjahrsanbau höhere Werte als im Herbstanbau. Ende April bis Mitte Mai 2011 wurde bei Weizen (BBCH 22 bis 33), Triticale (BBCH 12 bis 31) und Einkorn (21 bis 24) das Maximum der relativen Wachstumsrate erreicht. Bei der Erbse konnte die höchste relative Wachstumsrate Mitte bis Ende Mai 2011 festgestellt werden (BBCH 37 bis 63).

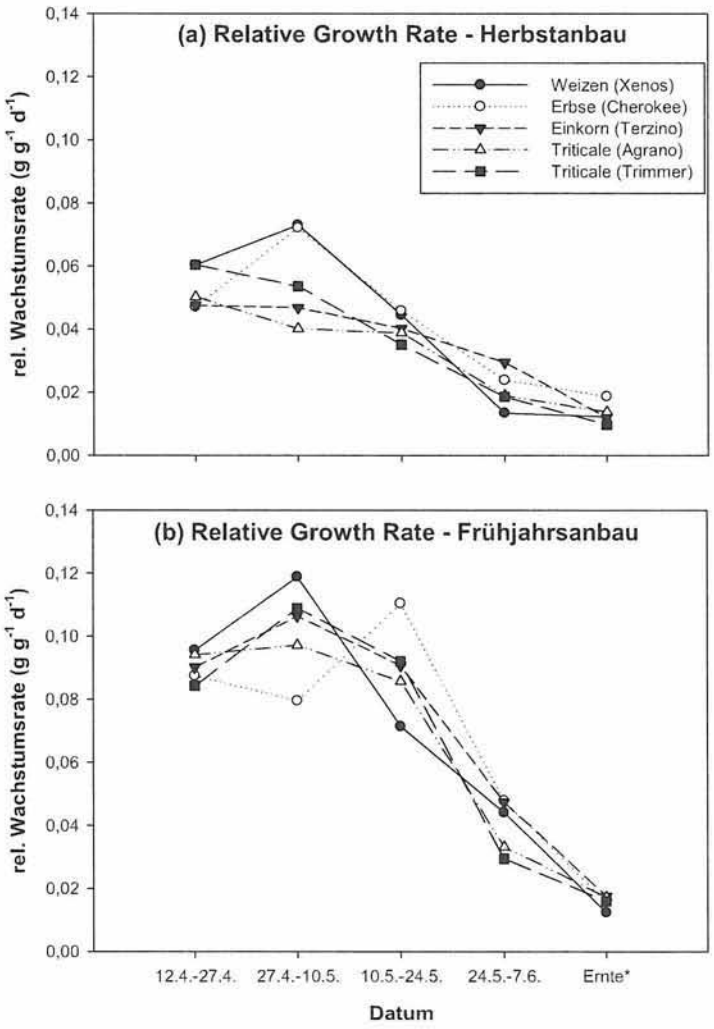

Abbildung 32: Relative Wachstumsrate von Weizen, Erbse, Einkorn und Triticale im (a) Herbstanbau und (b) Frühjahrsanbau (Mittelwerte, n=4)

5.9.3. PAR-Angebot

Abbildung 33 zeigt das Angebot an photosynthetisch aktiver Strahlung (MJ m^{-2}) während des Versuchszeitraumes (1. Oktober 2010 bis 31. Juli 2011).

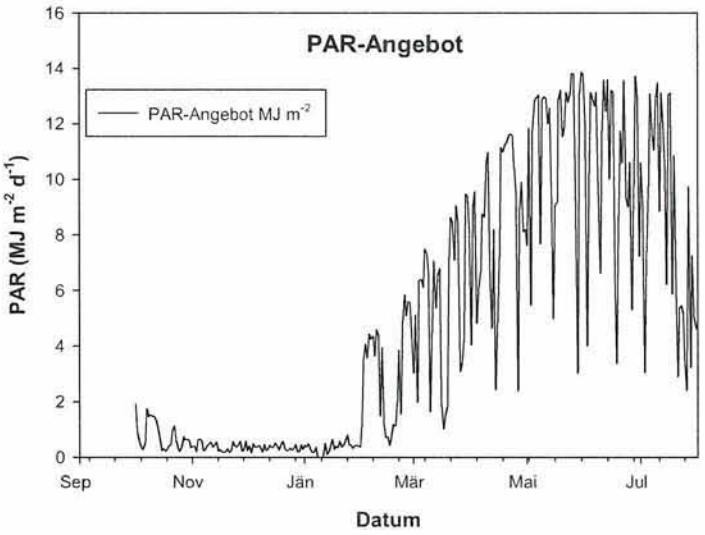

Abbildung 33: PAR-Angebot während des Versuchszeitraumes (1. Oktober 2010 bis 31. Juli 2011)

5.9.4. PAR-Aufnahme

Tabelle 11 zeigt das Ergebnis der zweifachen ANOVA der PAR-Aufnahme, Nutzung der aufgenommenen photosynthetisch aktiven Strahlung und Nutzung der angebotenen photosynthetisch aktiven Strahlung in Abhängigkeit von Anbautermin und Kultur.

Tabelle 11: Ergebnis der zweifachen ANOVA der PAR-Aufnahme, Nutzung der aufgenommenen photosynthetisch aktiven Strahlung und Nutzung der angebotenen photosynthetisch aktiven Strahlung in Abhängigkeit von Anbautermin und Kultur im Jahr 2011

Kultur (Sorte)	Summe PAR-Aufnahme	Nutzung der angebotenen photosynthetisch aktiven Strahlung	Nutzung der aufgenommenen photosynthetisch aktiven Strahlung
Weizen (Weizen)	756,6[a]	1,0[a]	1,7[a]
Erbse (Cherokee)	710,8[a]	0,8[b]	1,2[b]
Einkorn (Terzino)	738,5[a]	0,6[b]	1,1[b]
Triticale (Agrano)	749,8[a]	1,1[a]	1,8[a]
Triticale (Trimmer)	738,3[a]	1,0[a]	1,7[a]
Anbautermin			
Herbst	812,7[a]	1,0[a]	1,5[a]
Frühjahr	664,9[b]	0,8[b]	1,5[a]
ANOVA GLM			
Kultur	**	***	***
Anbautermin	***	***	*n.s.*
Kultur × Anbautermin	***	*n.s.*	*n.s.*

Signifikanzniveau: p<0,05 (*), p<0,01 (**), p<0,001 (**

Die Faktoren Kultur und Anbautermin hatten einen signifikanten Einfluss auf die PAR-Aufnahme (Tabelle 11). Es konnte eine Wechselwirkung zwischen den Faktoren Kultur und Anbautermin für die PAR-Aufnahme festgestellt werden, die sich insofern darstellte, dass die PAR-Aufnahme des Einkorns des Herbstanbaues die höchste aller im Herbst gesäten Kulturen war, während jene des im Frühjahr gesäten Einkorns die geringste der im Frühjahr gesäten Kulturen war.

Abbildung 34 zeigt die Summe der PAR-Aufnahme (MJ m^{-2}) in Abhängigkeit von Anbautermin und Kultur (Sorte). Im Herbstanbau konnte bei allen Kulturen eine höhere PAR-Aufnahme als im Frühjahrsanbau festgestellt werden. Einkorn zeigte in der Winterung die höchste PAR-Aufnahme, im Frühjahrsanbau wurde bei Weizen die höchste PAR-Aufnahme festgestellt.

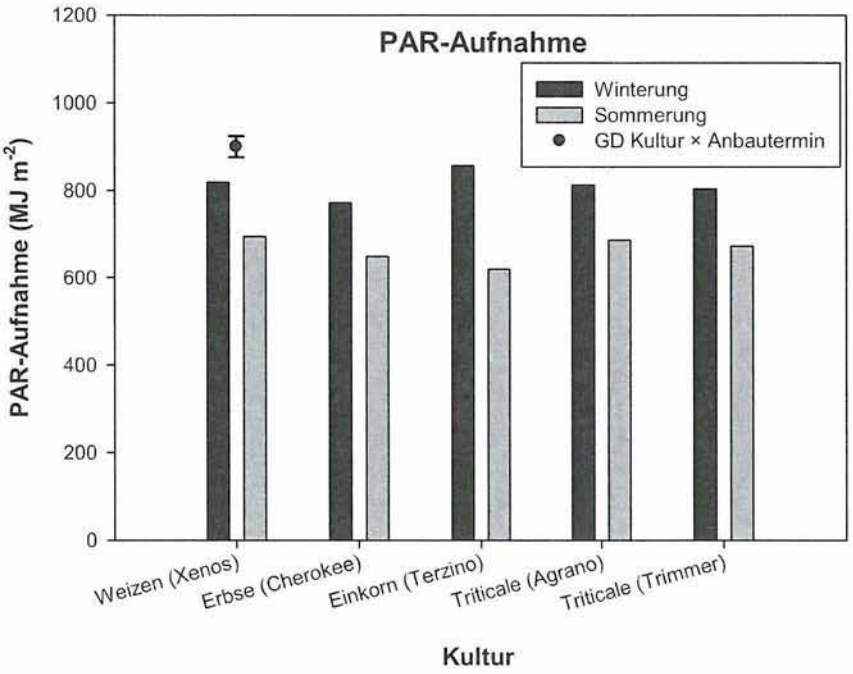

Abbildung 34: Summe PAR-Aufnahme von Weizen, Erbse, Einkorn und Triticale in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin (Mittelwerte, n=4), GD = Grenzdifferenz

5.9.5. Nutzung der angebotenen photosynthetisch aktiven Strahlung

Die Faktoren Anbautermin und Kultur hatten einen signifikanten Einfluss auf die Nutzung der Strahlung (Tabelle 11).

Abbildung 35 stellt die Nutzung der angebotenen photosynthetisch aktiven Strahlung in Abhängigkeit von Anbautermin und Kultur dar. Der Herbstanbau zeigte eine deutlich höhere Nutzung der angebotenen Strahlung als der Frühjahrsanbau, die höchsten Werte konnten vor allem bei der Sorte Agrano, sowohl in der Winterung als auch in der Sommerung, festgestellt werden.

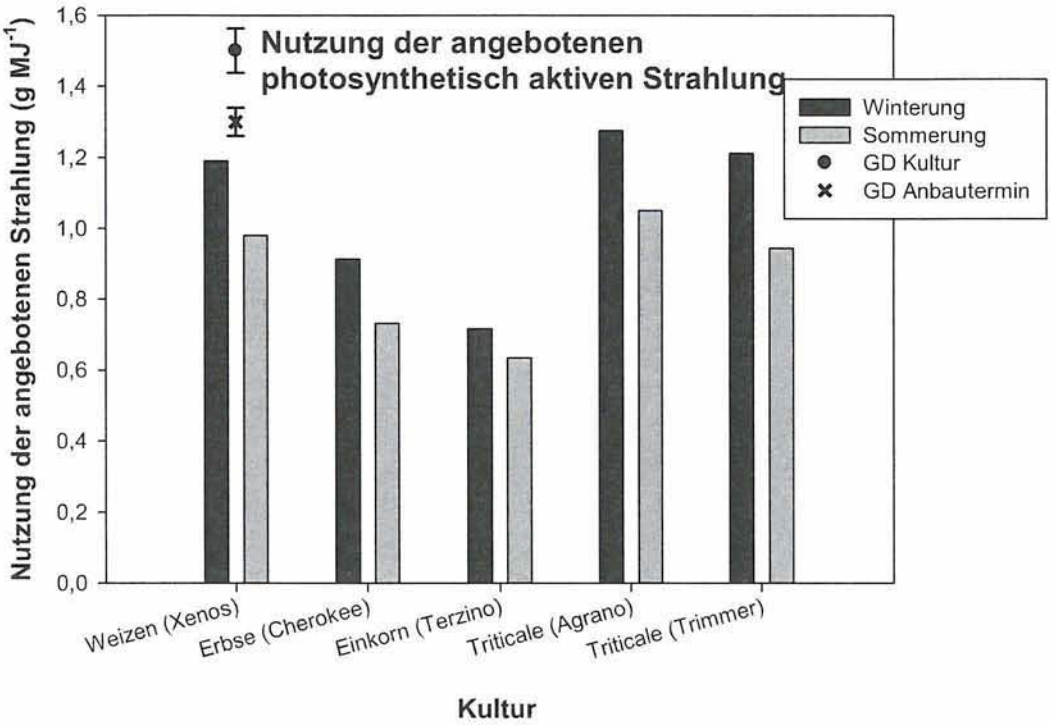

Abbildung 35: Nutzung der angebotenen photosynthetisch aktiven Strahlung von Weizen, Erbse, Einkorn und Triticale in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin (Mittelwerte, n=4), GD = Grenzdifferenz

5.9.6. Nutzung der aufgenommenen photosynthetisch aktiven Strahlung (Strahlungsnutzungseffizienz)

Der Faktor Kultur hatte eine signifikante Wirkung auf die Nutzung der aufgenommenen photosynthetisch aktiven Strahlung. (Tabelle 11).

Abbildung 36 stellt die Nutzung der aufgenommenen photosynthetisch aktiven Strahlung der verschiedenen Kulturarten in Abhängigkeit von Anbautermin und Kultur dar. Bei Weizen und Triticale konnte im Herbstanbau eine höhere Nutzung der aufgenommenen Strahlung festgestellt werden. Der Frühjahrsanbau von Erbse und Einkorn lag, bezogen auf die Nutzung der aufgenommenen Strahlung, geringfügig über jener des Herbstanbaus. Generell zeigte Agrano sowohl im Herbst- als auch im Frühjahrsanbau die höchsten Werte.

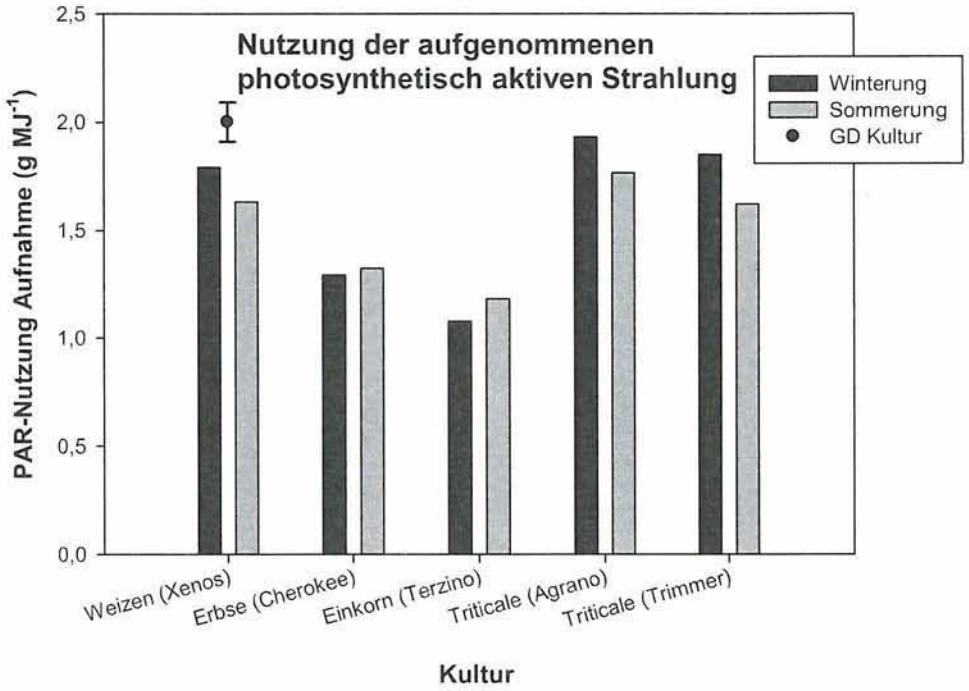

Abbildung 36: Nutzung der aufgenommenen photosynthetisch aktiven Strahlung von Weizen, Erbse, Einkorn und Triticale in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin (Mittelwerte, n=4), GD = Grenzdifferenz

5.10. Ergebnisse der Erntedaten

5.10.1. Harvestindex

Die Faktoren Kultur und Anbautermin hatten einen signifikanten Einfluss auf den Harvestindex (Tabelle 12). Es wurde eine Wechselwirkung zwischen den Faktoren festgestellt, Weizen, Erbse und Triticale zeigten keine Unterschiede in der Herbst- und Frühjahrsaussaat, die Winterung von Einkorn hatte einen deutlich geringeren Harvestindex als die Sommerung.

Tabelle 12: Ergebnis der zweifachen ANOVA für den Harvestindex in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin im Jahr 2011

Kultur (Sorte)	
Weizen (Xenos)	0,41[b]
Erbse (Cherokee)	0,52[a]
Einkorn (Terzino)	0,27[c]
Triticale (Agrano)	0,41[b]
Triticale (Trimmer)	0,42[b]
Anbautermin	
Herbst	0,38[b]
Frühjahr	0,43[a]
ANOVA GLM	
Kultur	***
Anbautermin	***
Kultur × Anbautermin	***

Signifikanzniveau: p<0,05 (*), p<0,01 (**), p<0,001 (***)

Die Abbildung 37 zeigt den Harvestindex (%) in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin. Der Harvestindex von Weizen war im Herbstanbau und im Frühjahrsanbau auf gleicher Höhe. Die Erbse zeigte, bezogen auf den Harvestindex, in der Herbstaussaat keinen Unterschied zur Frühjahrsaussaat. Die Winterung der Erbse hatte einen Wert von 53 %, die Sommerung 52 %. Ein deutlicher Unterschied zwischen Winterung und Sommerung war bei Einkorn zu erkennen, der Harvestindex des Herbstanbaus lag mit 15 % weit hinter jenem des Frühjahrsanbaus mit 39 %. Bei den beiden Triticale-Sorten Agrano und Trimmer war kein Unterschied zwischen dem Herbstanbau und dem Frühjahrsanbau festzustellen.

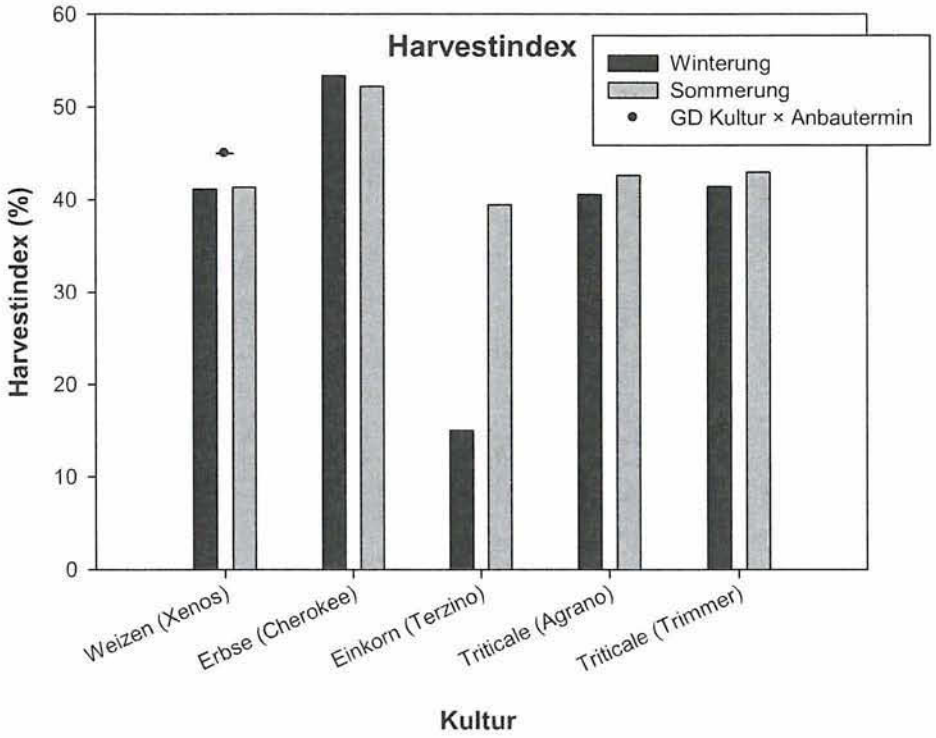

Abbildung 37: Harvestindex (%) in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin (Mittelwerte, n=4), GD = Grenzdifferenz

5.10.2. Tausendkorngewicht

Die Faktoren Kultur und Anbautermin hatten einen signifikanten Einfluss auf das Tausendkorngewicht. Es wurde eine Wechselwirkung festgestellt. Das Tausendkorngewicht der Getreidearten Weizen und Triticale (Agrano und Trimmer) sowie jenes der Erbse war bei den im Herbst ausgesäten Varianten höher als bei den im Frühjahr gesäten, während das Tausendkorngewicht des Einkorns in der Frühjahrsaussaat höher war (Tabelle 13).

Tabelle 13: Ergebnis der zweifachen ANOVA für das Tausendkorngewicht (g) in Abhängigkeit von Kultur und Herbst- und Frühjahrsanbau im Jahr 2011

Kultur (Sorte)	
Weizen (Xenos)	$41,1^{bc}$
Erbse (Cherokee)	$175,2^{a}$
Einkorn (Terzino)	$30,0^{d}$
Triticale (Agrano)	$44,6^{b}$
Triticale (Trimmer)	$40,7^{c}$
Anbautermin	
Herbst	$70,8^{a}$
Frühjahr	$61,8^{b}$
ANOVA GLM	
Kultur	***
Anbautermin	***
Kultur × Anbautermin	***

Signifikanzniveau: p<0,05 (*), p<0,01 (**), p<0,001 (***)

In Abbildung 38 wird das Tausendkorngewicht in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin dargestellt. Der Weizen (Xenos) hatte im Herbstanbau ein höheres Tausendkorngewicht als im Frühjahrsanbau. Bei Einkorn (Terzino) war nur ein geringer Unterschied im Vergleich von Herbst- und Frühjahrsaussaat bezogen auf das Tausendkorngewicht zu erkennen. Bei Triticale lag die Sorte Agrano im Tausendkorngewicht sowohl im Herbst- als auch im Frühjahrsanbau über jenem der Sorte Trimmer. Innerhalb der beiden Sorten Agrano und Trimmer wurde auch festgestellt, dass das Tausendkorngewicht der Winterung über jenem der Sommerung lag. Die Erbse grenzte sich stark von den anderen Kulturen ab. Das Tausendkorngewicht der Erbse (Cherokee) lag in der Herbstaussaat deutlich vor der Frühjahrsaussaat.

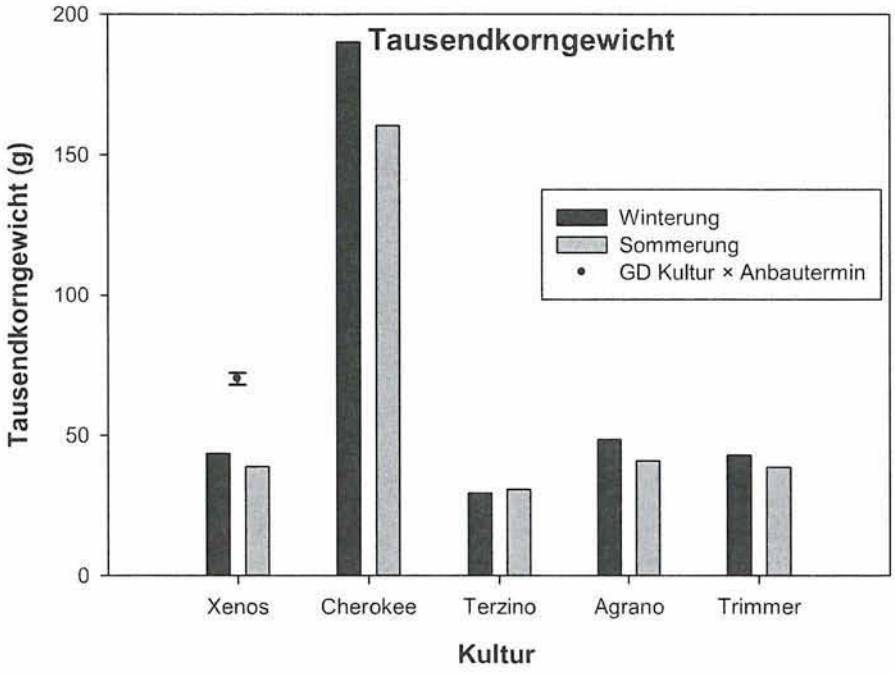

Abbildung 38: Tausendkorngewicht (g) in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin (Mittelwerte, n=4), GD = Grenzdifferenz

5.10.3. Oberirdische Biomasse zur Ernte

Bei der Varianzanalyse der oberirdischen Biomasse zur Ernte ergaben sich keine signifikanten Interaktionen. Die Faktoren Kultur und Anbautermin wirkten sich jedoch signifikant auf die Trockenmassebildung zur Ernte aus (Tabelle 14).

Tabelle 14: Ergebnis der zweifachen ANOVA für die Oberirdische Biomasse (g m^{-2}) zur Ernte in Abhängigkeit von Kultur und von Herbst- und Frühjahrsanbau im Jahr 2011

Kultur (Sorte)	
Weizen (Xenos)	1296,9[a]
Erbse (Cherokee)	912,5[b]
Einkorn (Terzino)	829,5[b]
Triticale (Agrano)	1389,7[a]
Triticale (Trimmer)	1289,4[a]
Anbautermin	
Herbst	1283,5[a]
Frühjahr	1003,7[b]
ANOVA GLM	
Kultur	***
Anbautermin	***
Kultur × Anbautermin	*n.s.*

Signifikanzniveau: p<0,05 (*), p<0,01 (**), p<0,001 (***)

Abbildung 39 präsentiert die oberirdische Biomasse zur Ernte in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin. Die Trockenmasse der oberirdischen Biomasse zur Ernte war bei allen Kulturarten im Herbstanbau deutlich höher als jene des Frühjahranbaus. Die höchsten Trockenmasseerträge der oberirdischen Biomasse im Herbstanbau hatte Triticale, hier zeigte sich zudem ein Unterschied zwischen den Sorten. Agrano erreichte die höchste oberirdische Biomasse zur Ernte.

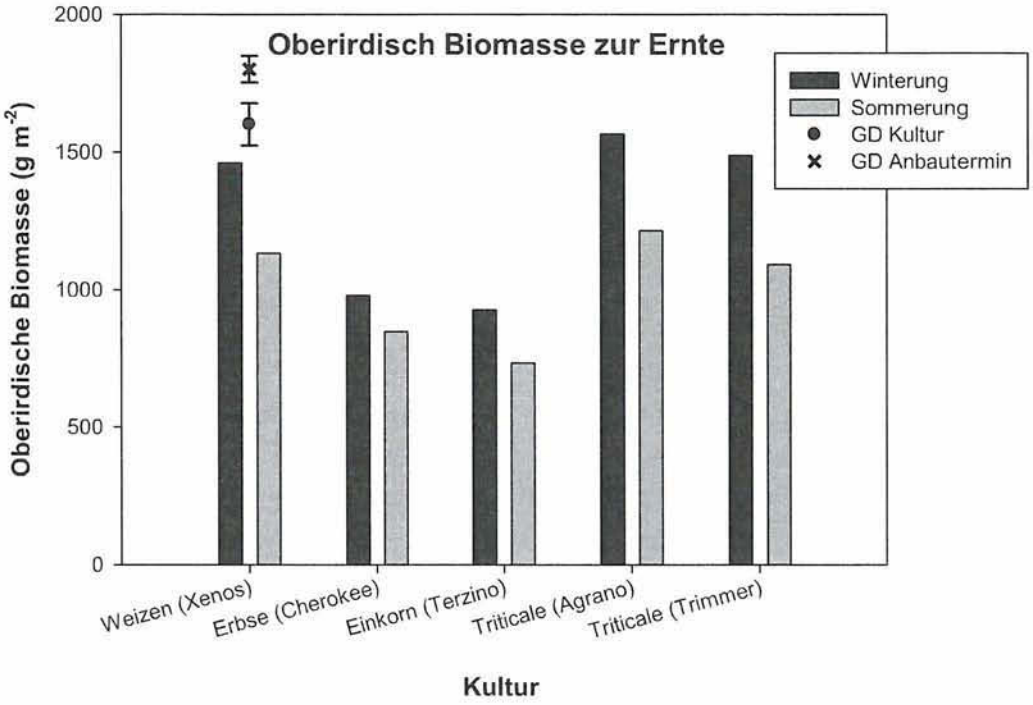

Abbildung 39: Oberirdische Biomasse (g m^{-2}) zur Ernte in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin (Mittelwert, n=4), GD = Grenzdifferenz

5.10.4. Korn-Trockenmasse zur Ernte

Die Faktoren Kultur und Anbautermin zeigten einen signifikanten Einfluss auf die Korn-Trockenmasse von Weizen, Erbse, Einkorn und Triticale (Tabelle 15). Die Wechselwirkung zwischen Kultur und Anbautermin bei der Korn-Trockenmassebildung äußerte sich dadurch, dass beim Herbstanbau höhere Kornerträge als beim Frühjahrsanbau erreicht wurden, mit Ausnahme von Einkorn, das beim Herbstanbau eine signifikant niedrigere Korntrockenmasse aufwies als im Frühjahrsanbau.

Tabelle 15: Ergebnis der zweifachen ANOVA für die Korn-Trockenmasse (g m^{-2}) zur Ernte in Abhängigkeit von Kultur und Herbst- und Frühjahrsanbau im Jahr 2011

Kultur (Sorte)	
Weizen (Xenos)	534,3[a]
Erbse (Cherokee)	481,7[b]
Einkorn (Terzino)	208,3[c]
Triticale (Agrano)	574,4[a]
Triticale (Trimmer)	542,6[a]
Anbautermin	
Herbst	499,6[a]
Frühjahr	437,0[b]
ANOVA GLM	
Kultur	***
Anbautermin	***
Kultur × Anbautermin	***

Signifikanzniveau: p<0,05 (*), p<0,01 (**), p<0,001 (***)

Abbildung 40 zeigt die Mittelwerte der Korn-Trockenmasse in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin. Der Herbstanbau zeigte im Vergleich zum Frühjahrsanbau deutlich höhere Werte. Der Kornertrag von Weizen, Erbse und den Triticale-Sorten lag im Herbstanbau höher als im Frühjahrsanbau, Einkorn setzte sich deutlich von den übrigen Kulturarten ab, einerseits dadurch, dass sowohl die Werte der Winterung als auch der Sommerung geringer waren als die Werte der anderen Kulturen und dadurch, dass die Sommerung einen höheren Ertrag lieferte als die Winterung. Die Triticale-Sorte Agrano hatte bei beiden Anbauterminen höhere Kornerträge als die Sorte Trimmer.

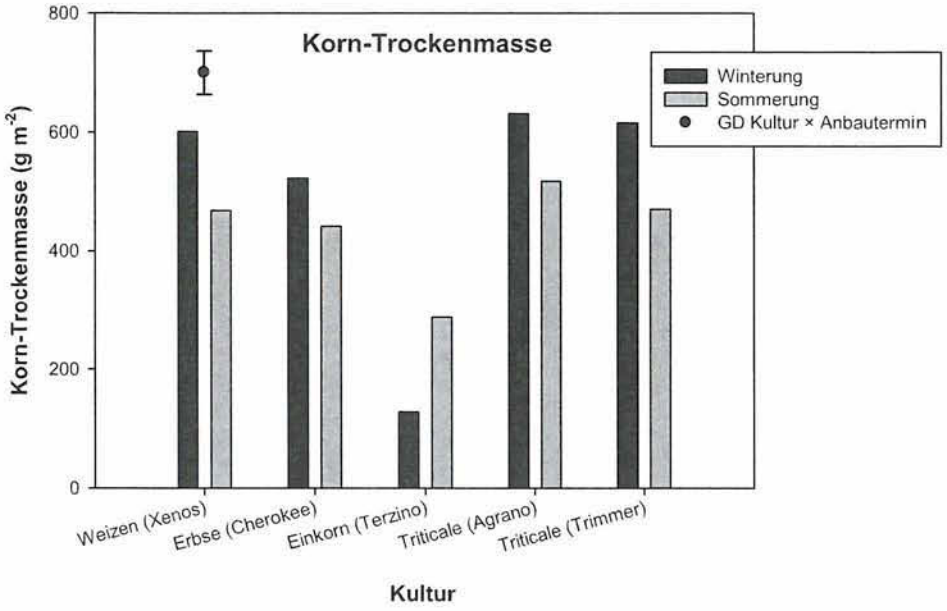

Abbildung 40: Korn-Trockenmasse (g m^{-2}) in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin (Mittelwert, n=4), GD = Grenzdifferenz

5.10.5. Stroh-Trockenmasse zur Ernte

Die Faktoren Kultur und Anbautermin wirkten sich signifikant auf die Stroh-Trockenmasse (g m^{-2}) aus. Es konnte jedoch keine Wechselwirkung zwischen den Faktoren festgestellt werden (Tabelle 16).

Tabelle 16: Ergebnis der zweifachen ANOVA für die Stroh-Trockenmasse (g m^{-2}) zur Ernte in Abhängigkeit von Kultur und von Herbst- und Frühjahrsanbau im Jahr 2011

Kultur (Sorte)	
Weizen (Xenos)	762,6[a]
Erbse (Cherokee)	337,5[c]
Einkorn (Terzino)	621,1[b]
Triticale (Agrano)	815,2[a]
Triticale (Trimmer)	746,7[a]
Anbautermin	
Herbst	762,7[a]
Frühjahr	550,5[b]
ANOVA GLM	
Kultur	***
Anbautermin	***
Kultur × Anbautermin	*n.s.*

Signifikanzniveau: p<0,05 (*), p<0,01 (**), p<0,001 (***)

Die Stroh-Trockenmasse zur Ernte in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin wird in Abbildung 41 gezeigt. Die Stroh-Trockenmasse von Weizen, Erbse, Einkorn und Triticale des Herbstanbaus war höher als bei der Frühjahrsaussaat.

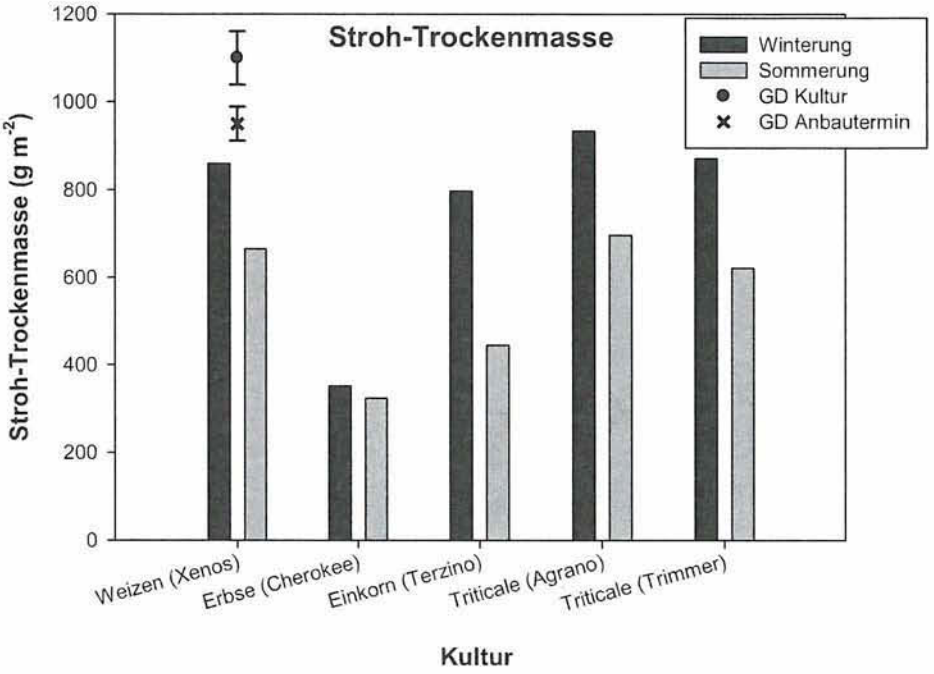

Abbildung 41: Stroh-Trockenmasse (g m^{-2}) in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin (Mittelwert, n=4), GD = Grenzdifferenz

5.10.6. Ähren / Hülsen pro Quadratmeter

Die Faktoren Kultur und Anbautermin wirkten sich signifikant auf die Halme bzw. Hülsen pro Quadratmeter aus. Bei der zweifachen ANOVA konnte keine Interaktion zwischen den Faktoren festgestellt werden (Tabelle 17).

Tabelle 17: Ergebnis der zweifachen ANOVA für die Ähren bzw. Hülsen m^{-2} zur Ernte in Abhängigkeit von Kultur und von Herbst- und Frühjahrsanbau im Jahr 2011

Kultur (Sorte)	
Weizen (Xenos)	393,2[c]
Erbse (Cherokee)	674,2[a]
Einkorn (Terzino)	527,4[b]
Triticale (Agrano)	316,8[c]
Triticale (Trimmer)	344,1[c]
Anbautermin	
Herbst	480,4[a]
Frühjahr	421,9[b]
ANOVA GLM	
Kultur	***
Anbautermin	**
Kultur × Anbautermin	*n.s.*

Signifikanzniveau: $p<0,05$ (*), $p<0,01$ (**), $p<0,001$ (***)

Die Mittelwerte der Ähren bzw. Hülsen pro Quadratmeter in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin sind in Abbildung 42 dargestellt. Alle Kulturen zeigten im Herbstanbau mehr Ähren bzw. Hülsen pro Quadratmeter als im Frühjahrsanbau. Einkorn hatte im Vergleich zu den Getreidesorten sowohl im Herbst- als auch im Frühjahrsanbau die meisten Ähren pro Quadratmeter.

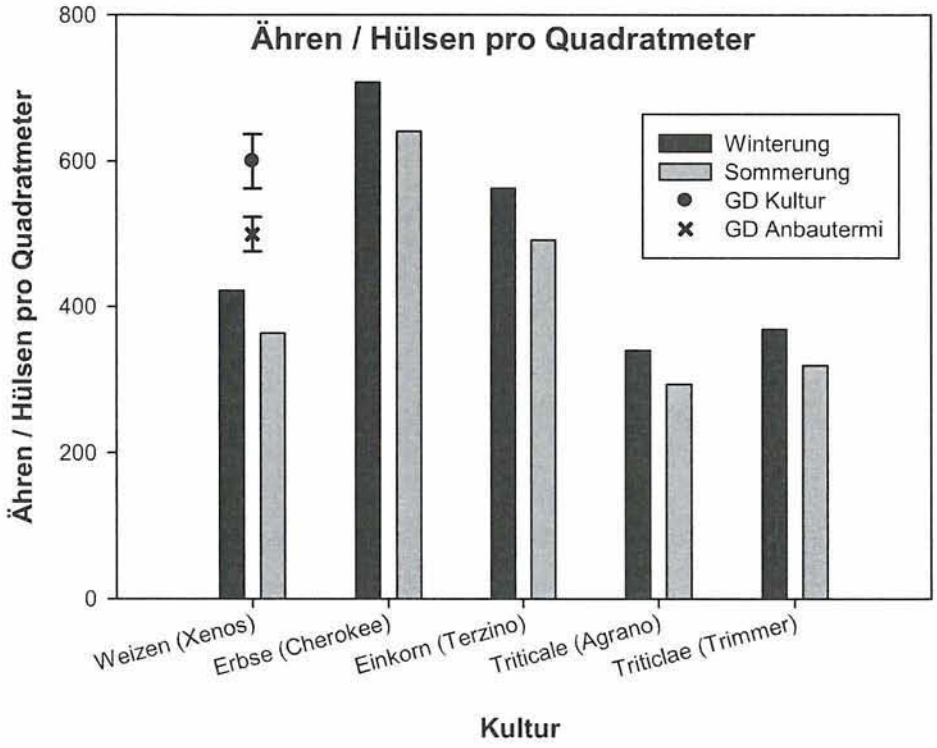

Abbildung 42: Ähren / Hülsen m^{-2} in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin (Mittelwert, n=4), GD = Grenzdifferenz

5.10.7. Körner pro Quadratmeter

Tabelle 18 zeigt die Wechselwirkung zwischen den Faktoren Kultur und Anbautermin auf die Kornanzahl. Bei Weizen und Triticale (Agrano, Trimmer) war die Kornzahl m^{-2} im Herbstanbau höher, bei Einkorn im Frühjahrsanbau, während bei Erbse keine Unterschiede zwischen den Anbauterminen auftraten.

Tabelle 18: Ergebnis der zweifachen ANOVA für die Körner m^{-2} zur Ernte in Abhängigkeit von Kultur und von Herbst- und Frühjahrsanbau im Jahr 2011

Kultur (Sorte)	
Weizen (Xenos)	12952,7[a]
Erbse (Cherokee)	2754,0[c]
Einkorn (Terzino)	6888,2[b]
Triticale (Agrano)	12830,8[a]
Triticale (Trimmer)	13269,5[a]
Anbautermin	
Herbst	9659,0[a]
Frühjahr	9818,1[a]
ANOVA GLM	
Kultur	***
Anbautermin	*n.s.*
Kultur × Anbautermin	***

Signifikanzniveau: p<0,05 (*), p<0,01 (**), p<0,001 (***)

Abbildung 43 präsentiert die Mittelwerte der Körner pro Quadratmeter in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin. Im Herbstanbau konnten bei Weizen und Triticale mehr Körner m^{-2} festgestellt werden als im Frühjahrsanbau. Bei der Erbse zeigten die Winterung und die Sommerung die gleiche Kornanzahl m^{-2}. Einkorn zeigte in der Winterung einen deutlich niedrigeren Wert als die Sommerung. Einkorn lag in der Kornanzahl pro Quadratmeter vor der Erbse aber hinter Weizen und Triticale.

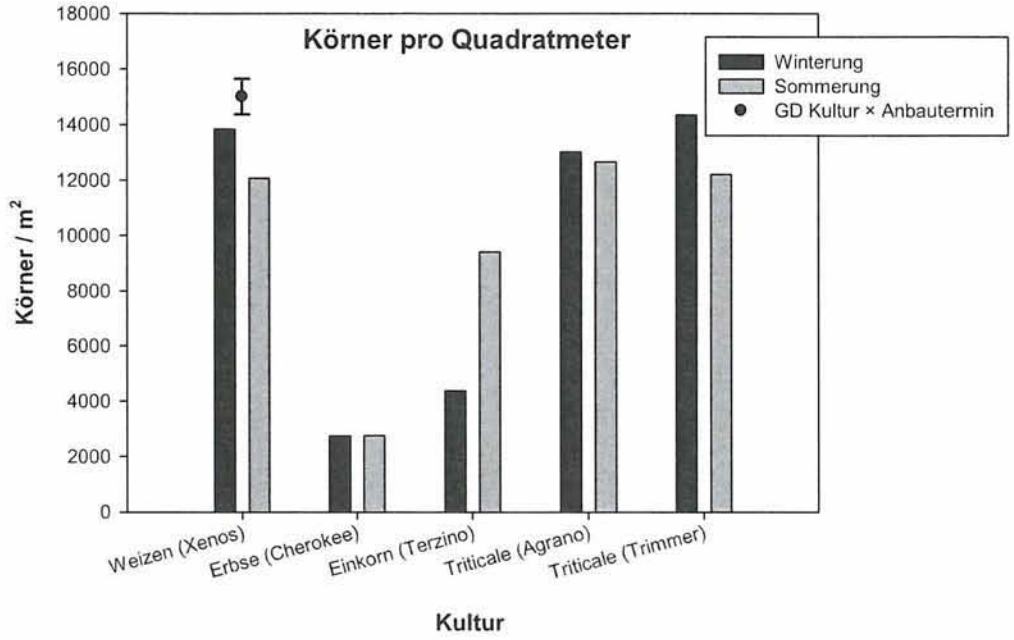

Abbildung 43: Körner m^{-2} in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin (Mittelwert, n=4), GD = Grenzdifferenz

5.10.8. Kornanzahl pro Ähre bzw. Hülse

Es wurde eine Wechselwirkung zwischen den Faktoren Kultur und Anbautermin bezüglich der Kornanzahl pro Ähre bzw. Hülse festgestellt. Bei Erbse, Einkorn und Triticale (Agrano) war die Kornanzahl im Frühjahrsanbau deutlich höher wie im Herbstanbau, während es bei Weizen und Triticale (Trimmer) keine statistisch abgesicherten Unterschiede zwischen den Anbauterminen gab (Tabelle 19).

Tabelle 19: Ergebnis der zweifachen ANOVA für die Kornanzahl pro Ähre bzw. Hülse Abhängigkeit von Kultur und Herbst- und Frühjahrsanbau im Jahr 2011

Kultur (Sorte)	
Weizen (Weizen)	$32,9^{b}$
Erbse (Cherokee)	$4,1^{d}$
Einkorn (Terzino)	$13,6^{c}$
Triticale (Agrano)	$40,8^{a}$
Triticale (Trimmer)	$38,5^{a}$
Anbautermin	
Herbst	$24,4^{b}$
Frühjahr	$27,5^{a}$
ANOVA GLM	
Kultur	***
Anbautermin	***
Kultur × Anbautermin	***

Signifikanzniveau: $p<0,05$ (*), $p<0,01$ (**), $p<0,001$ (***)

In der Abbildung 44 wird die Kornanzahl pro Ähre bzw. Hülse in Abhängigkeit von Herbst- und Frühjahrsanbau dargestellt. Weizen zeigte sowohl im Herbstanbau als auch im Frühjahrsanbau eine vergleichbare Höhe der Kornanzahl pro Fruchtstand. Auch bei der Erbse war die Kornanzahl pro Hülse im Herbstanbau annähernd gleich zum Frühjahrsanbau. Die Kornanzahl pro Ähre zeigte im Frühjahrsanbau bei Einkorn einen deutlichen Unterschied zum Herbstanbau. Einkorn lag in der Kornanzahl pro Pflanze deutlich hinter Weizen und Triticale. Triticale hatte generell die meisten Körner pro Ähre, wobei ein Unterschied zwischen den beiden Sorten sichtbar war. Die Sorte Agrano ragte durch ihren hohen Wert in der Sommerung heraus, die Winterung lag etwas darunter. Die Sorte Trimmer zeigte nicht so einen großen Unterschied zwischen den Anbauterminen wie die Sorte Agrano.

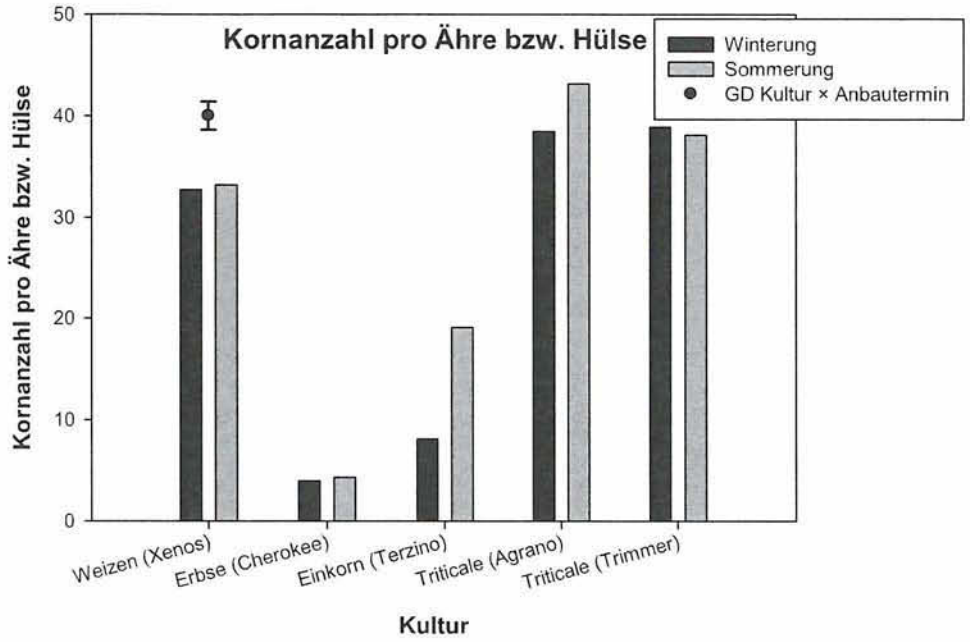

Abbildung 44: Kornanzahl pro Ähre bzw. Hülse in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin (Mittelwert, n=4), GD = Grenzdifferenz

6. Diskussion

6.1. Bestandesentwicklung (Entwicklungsstadien, Bestandeshöhe, Bodenbedeckung)

Die Bestandesentwicklung der Sommerung von Weizen verlief parallel zur Entwicklung der Winterung, jedoch mit deutlich geringeren Werten im Bezug auf die Entwicklungsstadien. Bis Mitte Mai 2011 war die Entwicklung des Frühjahranbaus im Vergleich zum Herbstanbau stärker verzögert, während es dann der Sommerung gelang, in der Entwicklung aufzuholen. Die Ernte der Sommerung erfolgte sieben Tage nach der Ernte der Winterung.

Die Herbstaussaat der Erbse zeichnete sich durch einen großen Entwicklungssprung von Mitte April 2011 bis Ende April 2011 aus, die Frühjahraussaat zeigte diesen raschen Anstieg der Pflanzenentwicklung etwas zeitverzögert von Ende April bis Ende Mai 2011. Ab Ende Mai 2011 verliefen die Pflanzenentwicklungen der Winterung und Sommerung parallel.

Bei der Triticale gab es zwischen der Pflanzenentwicklung der Sorte Agrano und der Sorte Trimmer keinen Unterschied. Die Herbstaussaat wurde am 7. Juli 2011, die Frühjahrsaussaat am 14. Juli 2011 geerntet.

Im Gegensatz zu Weizen und Triticale verlief bei Einkorn die BBCH-Entwicklung deutlich langsamer, diese Beobachtung zeigte sich im späteren Erntetermin von Einkorn. Der Herbstanbau von Einkorn wurde am 14. Juli 2011 geerntet, zu diesem Datum erfolgte auch die Ernte der Sommerung von Weizen und Triticale. Die Ernte des Frühjahrsanbaus von Einkorn erfolgte erst Ende Juli 2011. Auch Mielke und Rodemann (2007) wiesen darauf hin, dass Einkorn jene Getreideart mit der spätesten Reife ist.

Der Höhepunkt der Trockensubstanzbildung wird zwischen Blüte und Milchreife erreicht (Diepenbrock et al., 1999). Das Makrostadium sechs (Blüte) wurde bei Weizen und Triticale im Herbstanbau Ende Mai 2011 erreicht, die Erbse befand sich etwas früher, Mitte Mai 2011 in der Blüte. Der Herbstanbau von Einkorn begann erst

Anfang Juni 2011 zu blühen. Im Frühjahrsanbau konnte bei Weizen und Triticale das Stadium der Blüte Anfang Juni 2011, also etwa zwei Wochen nach der Winterung, festgestellt werden. Die Sommerung der Erbse begann Ende Mai 2011 zu blühen, Einkorn zeigte die späteste Pflanzenentwicklung von allen Kulturen und befand sich erst am 20. Juni 2011 in der Blüte. Die Blüte begann somit bei allen Kulturen im Herbstanbau rund zwei Wochen vor der Blüte im Frühjahrsanbau. Bereits Özdemir und Karadavut (2003) haben bei einem Versuch mit Kichererbsen in der Türkei einen zeitlichen Unterschied bei der Blüte von 16 bis 22 Tagen zwischen der Herbst- und der Frühjahrsaussaat beschrieben. Lejeunte-Hénaut et al. (1999) kommen ebenso zu dem Schluss, dass die Herbstaussaat von Wintererbsen in Frankreich das Stadium der Blüte 2 bis 3 Wochen früher erreichen als bei Frühjahrsaussaat.

Im Herbstanbau erreichten Weizen und Triticale die Erntereife am 4. Juli 2011, zehn Tage später, am 14. Juli 2011, konnten die im Frühjahr angebauten Varianten geerntet werden. Die Winterung der Erbse wurde am 20. Juni 2011 geerntet, die Sommerung ging am 7. Juli 2011, also 17 Tage später, in die Ernte. In Versuchen mit Kichererbse in der Türkei ging die Winterung im Vergleich zur Sommerung mit bis zu zehn Tagen Vorsprung in die Ernte (Özdemir et al., 2003). Valimohammadi et al. (2007) haben bei Versuchen mit Kichererbsen im Iran eine Differenz in der Abreife zwischen Herbst- und Frühjahrsanbau von durchschnittlich 17 Tagen beschrieben.

Die Aussage von Özdemir et al. (2003), dass eine Aussaat im Herbst die Bestandeshöhe steigert, konnte mit den Ergebnissen dieser Arbeit generell bestätigt werden. Die Bestandeshöhe war generell im Herbstanbau bei allen Kulturen höher als im Frühjahrsanbau. Die höchsten Werte im Herbstanbau lagen bei 137 cm (Triticale), im Frühjahrsanbau wurde ein Maximum von 111 cm (Triticale), bezogen auf die Bestandeshöhe, erreicht.

Die Bodenbedeckung des Herbstanbaus konnte sich vom Beginn der Vegetationsperiode gut entwickeln, wohingegen beim Frühjahrsanbau erst ab Mitte April 2011 eine erkennbare Steigerung im Bodenbedeckungsgrad auftrat. Eine vollständige Bodenbedeckung wurde sowohl von der Winterung als auch von der Sommerung Ende Mai 2011 erreicht.

6.2. Oberirdische Biomasse und Ertragsstruktur

Die Entwicklung der oberirdischen Biomasse verlief im Herbstanbau ähnlich zum Frühjahrsanbau, Weizen und Triticale zeigten, wie erwartet, im gesamten Verlauf der Vegetationsperiode die stärkste Zunahme der oberirdischen Biomasse. Erbse und Einkorn wiesen eine deutlich geringere Biomasseentwicklung als Weizen und Triticale auf. Die oberirdischen Trockenmasseerträge zur Ernte waren im Herbstanbau bei allen Kulturen deutlich höher als jene im Frühjahrsanbau. Daraus resultiert, dass die Kulturen im Herbstanbau das Angebot an Wasser, Licht und Nährstoffen sowie die längere Vegetationsperiode besser nutzen konnten als im Frühjahrsanbau und somit insgesamt höhere Biomasseerträge in der Winterung zeigten. Confalone et al. (2009) bestätigen ebenso in Versuchen mit Bohnen höhere Biomasseerträge in der Herbstaussaat. Valimohammadi et al. (2007) sehen die höheren Biomasseerträge der Winterung von Kichererbsen in Zusammenhang mit verbesserten Kornerträgen, welche auf ein günstiges warm-feucht System in der reproduktiven Phase bei frühem Anbautermin zurückzuführen sind. Die Sorte Agrano wies, im Vergleich zu Weizen, Erbse und Einkorn den höchsten Trockenmasseertrag zur Ernte auf. Giunta et al. (2009) stellten ebenfalls in Versuchen mit Getreide und Leguminosen fest, dass Triticale in der Biomasseentwicklung zur Ernte den Leguminosen und dem Hartweizen überlegen ist.

Dieser Wachstumsvorsprung der Winterung gegenüber der Sommerung zeigte sich aber nicht nur in den oberirdischen Trockenmassenerträgen zur Ernte, sondern auch in der Stroh-Trockenmasse sowie in der Korn-Trockenmasse zur Ernte. Die Korn-Trockenmasse war im Herbstanbau bei Weizen, Erbse und Triticale höher als im Frühjahrsanbau, bei Einkorn war jedoch die Korn-Trockenmasse der Sommerung höher als jene der Winterung. Die Aussage von Vocanson et al. (2008) für Erbsen, dass im Herbstanbau höhere Kornerträge zu erzielen sind, wird mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit bestätigt, jedoch mit der Ausnahme von Einkorn. Vocanson et al. (2008) erklären das höhere Kornertragspotential im Herbstanbau mit einer höheren Kornanzahl pro Quadratmeter. Die höhere Kornanzahl pro Quadratmeter konnte bei der vorliegenden Arbeit jedoch nur bei Weizen und Triticale als Erklärung für die höheren Kornerträge herangezogen werden. Vocanson et al. (2008) betonen jedoch auch, dass die besseren Kornerträge im Herbstanbau in erster Linie auf die Wetterbedingungen, die im Herbst weniger Hitzestress verursachen, sowie auf die längere Vegetationsperiode zurückzuführen sind. Tahir et al. (2009) betonen, dass

ein geringer Kornertrag bei Weizen bei einer späten Aussaat auf einen geringeren Aufgang der Pflanzen zurückzuführen ist, der verminderte Pflanzenaufgang ist wiederum das Resultat von Temperaturschwankungen. Außerdem können bei spät gesätem Weizen hohe Temperaturen während der Kornfüllungsphase zu einem geringerem Kornertrag führen (Sial et al., 2010). Auch Özdemir und Karadavut (2003) und Valimohammadi et al. (2007) führen die positiven Ergebnisse des Herbstanbaus auf die verlängerte Vegetationsperiode zurück. Valimohammadi et al. (2007) weisen generell auf die Verwendung von kältetoleranten Sorten für den Herbstanbau hin.

Der Harvestindex, ausgedrückt als Anteil der Kornmasse an der Gesamttrockenmasse, war generell bei der Erbse am höchsten, gefolgt von Triticale, Weizen und Einkorn. Im Gegensatz zur oberirdischen Biomasse war der Harvestindex im Herbstanbau nur bei Erbse eindeutig höher als im Frühjahrsanbau. Dies widerspricht den Ergebnissen von Confalone et al. (2009), welche bei Versuchen mit Bohnen zu dem Ergebnis kamen, dass der höchste Harvestindex bei einer Aussaat Mitte-Februar zu erzielen ist. Bei Weizen konnte nur ein geringfügig höherer Harvestindex im Herbstanbau festgestellt werden, bei Triticale und Einkorn bestätigte sich dieses Resultat nicht. Beide Triticale-Sorten sowie Einkorn zeigten im Frühjahrsanbau einen höheren Harvestindex als im Herbstanbau.

Das Tausendkorngewicht war bei Weizen, Erbse und Triticale im Herbstanbau höher als im Frühjahrsanbau, besonders bei der Erbse konnte ein großer Unterschied zwischen Winterung und Sommerung festgestellt werden. Auch Özdemir et al. (2003) konnten bei Versuchen mit Kichererbse im Herbstanbau ein höheres Tausendkorngewicht als im Frühjahrsanbau erzielen.

Auch bei den Ähren bzw. Hülsen pro Quadratmeter wurde die Überlegenheit der Winterung im Vergleich zur Sommerung wieder bestätigt. Die meisten Ähren pro Quadratmeter zeigte Einkorn, gefolgt von Weizen und den beiden Triticale-Sorten. Weizen und Triticale zeigten generell weniger Ähren pro Quadratmeter, dies lässt sich damit erklären, dass im Trockengebiet Marchfeld weniger Ähren pro Quadratmeter produziert werden als in feuchteren Lagen. Die Erbse produzierte im Herbstanbau mehr Hülsen pro Quadratmeter als im Frühjahrsanbau.

6.3. N_{min}-Gehalt im Boden

Die Resultate des Nitratstickstoffgehaltes im Boden nach der Ernte zeigen, dass die N_{min}-Gehalte im Boden bei der Herbstaussaat rascher entzogen wurden als bei der Frühjahrsaussaat. Ein möglicher Grund für den höheren mineralischen Stickstoffgehalt bei der Frühjahrsaussaat könnte die spätere Entwicklung der Sommerung sein. Die Erbse hinterließ sowohl in der Winterung als auch in der Sommerung die höchsten Nitratstickstoffgehalte im Boden, Grund dafür ist die Fähigkeit der Leguminosen, Luftstickstoff zu binden, die fixierten N-Mengen liegen bei Erbse bis 190 kg N ha^{-1} (Diepenbrock et al. 1999).

6.4. Leaf Area Index, Wachstumsrate

Sowohl im Herbstanbau als auch im Frühjahrsanbau wurde Anfang Juni 2011 bei Weizen, Einkorn und Triticale das Maximum des Blattflächenindexes erreicht. Die Winterung von Weizen und Triticale befand sich zu diesem Zeitpunkt in der frühen Teigreife (BBCH 83), Einkorn war erst am Beginn der Blüte (BBCH 61). Bei der Erbse im Herbstanbau wurde das Maximum des Blattflächenindexes früher als bei den Getreidearten erreicht, nämlich bereits am 25. Mai 2011. Erbse befand sich hier im Makrostadium sieben (BBCH 74). Lunagaria und Shekh (2006) kommen zu dem Schluss, dass der LAI bis zum Stadium der Blüte einen stetigen Anstieg verzeichnet. Diese Aussage konnte mit den vorliegenden Ergebnissen nur beim Herbstanbau von Einkorn bestätigt werden, bei Erbse, Weizen und Triticale traf diese Aussage nicht zu.

Die Ergebnisse des vorliegenden Versuches zeigten auch, dass der Blattflächenindex des Herbstanbaus während der gesamten Vegetationsperiode höhere Werte aufwies als im Frühjahr, vor allem bei Weizen und Triticale. Nur bei der Erbse wies die Sommerung ab Juni einen höheren Blattflächenindex auf als die Winterung. Diese Beobachtung von Getreide entspricht den Ergebnissen von Confalone et al. (2009), die bei Versuchen mit Bohnen höhere LAI im Herbstanbau im Vergleich zum Frühjahrsanbau beobachteten.

Die Zunahme der täglichen Trockenmasseproduktion (CGR) war generell im Herbstanbau höher als im Frühjahrsanbau, mit der Ausnahme von 24. Mai bis zum 7. Juni 2011. Der Weizen und Triticale war in der täglichen Trockenmasseproduktion der Erbse und dem Einkorn überlegen. Auch Hofmann und Kluge-Severin (2010)

sowie Kluge-Severin (2009) bestätigen in Versuchen mit Zuckerrüben eine höhere Crop Growth Rate bei der Herbstaussaat.
Die relative Wachstumsrate war im Gegensatz dazu im Frühjahrsanbau bei allen Kulturen höher als im Herbstanbau, im Verlauf der Vegetationsperiode nahm sie sowohl in Herbst- als auch Frühjahrsaussaat ab. Kluge-Severin (2009) zeigte ebenso bei Ergebnissen mit Zuckerrüben, dass die relative Wachstumsrate im Frühjahrsanbau generell höher war und im Verlauf der Vegetationsperiode abnahm.

Die Aufnahme an photosynthetisch aktiver Strahlung war bei allen Kulturen in der Herbstaussaat höher als in der Frühjahrsaussaat. Auch die Nutzung der angebotenen photosynthetisch aktiven Strahlung war im Herbstanbau deutlich dem Frühjahrsanbau überlegen. Hoffmann und Kluge-Severin (2010) kamen bei Versuchen mit Zuckerrübe ebenfalls zu dem Ergebnis, dass im Herbst gesäte Zuckerrüben mehr Strahlung aufnehmen können, begründet liegt diese Tatsache darin, dass die Winterung zu dem Zeitpunkt, als die Sommerung erst gesät wurde, bereits Strahlung aufnehmen kann, da das Wachstum der Winterung bereits am Start der Vegetationsperiode beginnt.
Auch Rinaldi und Vonella (2006) zeigten, dass die Zuckerrübe im Frühjahr aufgrund der kürzeren Vegetationsperiode weniger Sonnenstrahlung aufnehmen kann als Zuckerrüben im Herbstanbau. Ebenso bestätigte Confalone et al. (2009) die Annahme, dass in Versuchen mit Bohnen die Sommerung weniger Strahlung aufnehmen kann.
Die Nutzung der aufgenommenen photosynthetisch aktiven Strahlung war generell bei der Winterung von Weizen und Triticale höher als bei der Sommerung, im Gegensatz dazu konnte bei der Erbse und bei Einkorn diese Beobachtung nicht bestätigt werden.
In der vorliegenden Arbeit wird vermutet, dass die höhere Strahlungsaufnahme im Herbstanbau Grund für höhere Trockenmasseerträge im Herbstanbau war. Brown et al. (2006) bestätigen diese Annahme einer Korrelation der Strahlungsaufnahme mit der Biomasseproduktion in Versuchen mit Luzerne. Auch Diepenbrock et al. (1999) weisen darauf hin, dass das Ertragspotential von Sommergetreidearten bis zu 30 % geringer ausfällt als bei einer Winterung, da die eingestrahlte Lichtenergie am Beginn der Vegetationszeit nicht ausreichend genutzt werden kann.

6.5. Fazit

Die Ergebnisse des vorliegenden Versuches zeigen, dass der Herbstanbau von Wechselformen gegenüber dem Frühjahrsanbau Vorteile bringen kann. Die Bestandesentwicklung der Winterung wies einige Vorteile im Vergleich zur Sommerung auf. Der Entwicklungsvorsprung des Herbstanbaus zog einen früheren Erntetermin nach sich und hatte einen positiven Einfluss auf die Bestandeshöhe und den Bodenbedeckungsgrad. Die überlegene Biomasseentwicklung der Winterung, die höheren Biomasse-Ernteerträge, die meisten Ähren bzw. Hülsen pro Quadratmeter sowie die höhere Korn-Trockenmasse und das höhere Tausendkorngewicht der Winterung (mit der Ausnahme von Einkorn bei den beiden letzten Parametern) spricht für den Anbautermin im Herbst. Der Harvestindex war nur bei Erbse und Weizen im Herbstanbau höher. Der positive Effekt der Aussaat im Herbst auf den Blattflächenindex konnte in diesem Versuch deutlich gezeigt werden. Die aufgenommene Strahlung war generell im Herbstanbau höher als im Frühjahrsanbau.

Der mineralische Stickstoffgehalt im Boden wurde in der Herbstaussaat stärker entzogen als in der Frühjahrsaussaat.

7. Zusammenfassung

Ein einjähriger Feldversuch wurde in Raasdorf (Marchfeld) durchgeführt, mit dem Ziel, den Anbau von Wechselformen hinsichtlich ihrer agronomischen Eigenschaften unter pannonischen Produktionsbedingungen zu untersuchen. Dafür wurden die Kulturen Weizen (Xenos), Erbse (Cherokee), Einkorn (Terzino) und Triticale (Agrano, Trimmer) in Reinsaat an zwei verschiedenen Saatterminen (Herbst und Frühjahr) angebaut.

Der Versuch konzentrierte sich auf folgende Fragen: Inwieweit hat der Anbautermin und die Kultur (Sorte) einen Einfluss auf (1) die Bestandesentwicklung, (2) die oberirdische Biomasse und die Ertragsparameter, (3) die aufgenommene Strahlung und auf (4) den Nitratstickstoffgehalt im Boden?

Der Saattermin im Herbst (7.10.2010) konnte durch den Entwicklungsvorsprung zum Saattermin im Frühjahr (14.3.2011) einen früheren Erntetermin sowie generell eine höhere Bestandeshöhe und einen höheren Bodenbedeckungsgrad vorweisen. Dieser Entwicklungsvorsprung zeigte auch einen positiven Einfluss auf die Ertragsparameter. Die oberirdische Biomasse, die Ernteerträge und die Ähren bzw. Hülsen pro Quadratmeter zeigten höhere Werte beim Herbst- im Vergleich zum Frühjahrsanbau. Auch das Tausendkorngewicht und die Korn-Trockenmasse zur Ernte von Weizen, Erbse und Triticale bestätigten die Vorteile des Anbautermins im Herbst, bei Einkorn konnte dieser Effekt nicht beobachtet werden. Ebenso war die aufgenommene Strahlung im Herbstanbau generell höher als im Frühjahrsanbau. Der N_{min}-Gehalt im Boden war im April 2011 in der Frühjahrsaussaat deutlich höher, auch Ende Mai 2011 war der mineralische Stickstoffgehalt im Boden bei der Sommerung höher als bei der Winterung.

Eine raschere Bestandesentwicklung, die höheren Erträge und die höhere Strahlungsaufnahme bei Weizen, Erbse, Einkorn und Triticale im Herbstanbau zeigen, dass der Herbstanbau dem Frühjahrsanbau unter den Produktionsbedingungen des Marchfeldes vorzuziehen ist. Die Ertrags- und Ertragsstrukturergebnisse der Erbse im Herbstanbau zeigen das große Potential auf, das im Anbau von Wintererbsen in dieser Anbauregion liegt.

8. Abstract

The goal of a one-year field experiment in Raasdorf was to examine the influence of different sowing dates under production conditions of the Marchfield cropping area and to show possible potentials of these sowing dates. Wheat (cv. Xenos), pea (cv. Cherokee), Einkorn (cv. Terzino) and triticale (cv. Agrano, Trimmer) were cultivated on two different sowing dates (autumn versus spring) in pure stands.

This experiment concentrated on following questions: to what extend did the sowing date and the species or variety influence the (1) crop development, (2) aboveground biomass growth and yield structure, (3) intercepted radiation and (4) mineral nitrogen content in the soil?

The autumn sowing date (sowing: 7.10.2010) had an earlier harvest, it generally increased plant high and also soil cover because of the advance of plant development compared to the spring sowing date (sowing: 14.3.2011). This advance of plant development also had a positive effect on the yield components. The crops produced higher aboveground biomass yields, higher harvest yields and also more ears or pea pods per square meter when sown in autumn than when sown in spring. The 1000 seed weight and the grain dry matter of wheat, pea and triticale confirmed these advantages of an early sowing date, Einkorn could not show this positive effect. The absorbed radiation was in general higher in autumn sown crops than in spring sown crops. Spring sown crops showed a higher mineral nitrogen content in the soil in April 2011 and even at the end of May 2011.

An earlier crop development, higher yield components and more absorbed radiation of wheat, pea, Einkorn and triticale sown in autumn show, that an earlier sowing date under production conditions of the Marchfield cropping area is preferable to a late sowing date and that the cultivation of crops in spring is inferior to the autumn sowing date. Many advantages of the pea cv. Cherokee in the autumn sowing date, shown in the results of this experiment, indicate that there is a big potential of this cultivar sown in autumn.

9. Literatur- und Quellenverzeichnis

AGES (2009): Österreichische Beschreibende Sortenliste 2009 – Landwirtschaftliche Pflanzenarten. Wien: Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, 46.

Aufhammer, W. (1998): Getreide- und andere Körnerfruchtarten. Stuttgart: Ulmer.

Aufhammer, W., Wägner, W., Kaul, H.-P., Kübler, E. (2000): Strahlungsnutzung durch Bestände ölreicher Körnerfruchtarten – Winterraps, Öllein und Sonnenblume im Vergleich. Journal Agronomy and Crop Science 184, 277-286.

Ayaz, S., McKenzie, B.A., McNeil, D.L., Hill, G.D. (2004): Light interception and utilization of four grain legumes sown at different plant populations and depths. Journal of Agricultural Science 142, 297-308.

Brown, H.E., Moot, D.j., Teixeira, D.I. (2006): Radiation use efficiency and biomass partitioning of lucerne (*Medicage sativa*) in a temperate climate. European Journal of Agronomy 25, 319-327.

Confalone, A., Lizaso, J.I., Ruiz-Nogueira, B., Lopez-Cedrón, F-X. (2010): Growth, PAR use efficiency, and yield components of field-grown *Vicia faba L.* under different temperature and photoperiod regimes. Field Crop Research 115, 140-148.

Diepenbrock, W., Ellmer, F., Leon, J. (2005): Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grundwissen Bachelor. 2. Auflage. Stuttgart: Ulmer, 176-199.

Diepenbrock, W., Fischbeck, G., Heyland, K-U., Knauer, N. (1999): Spezieller Pflanzenbau. 3. Auflage. Stuttgart: Ulmer, 101-236.

Gates, M. (1965): Energy, plants and ecology. Ecology 46, 1-14.

Geisler, G. (1988): Pflanzenbau: Ein Lehrbuch – Biologische Grundlagen und Technik der Pflanzenproduktion. 2. Auflage. Berlin und Hamburg: Paul Parey Verlag.

Giunta, F., Pruneddu, G., Motzo, R. (2009): Radiation interception and biomass and nitrogen accumulation in different cereal and grain legume species. Field Crop Research 110, 76-84.

Hoffmann, C.M., Kluge-Severin, S. (2010): Light absorption and radiation use efficiency of autumn and spring sown sugar beets. Field Crop Research 119, 238-244.

Hunt, R. (1982): Plant Growth Curves. E. Arnold, London.

Karcher, D.E., Richardson, M.D. (2005): Batch analysis of digital images to evaluate turfgrass characteristics. Crop Science 45, 1536-1539.

Kluge-Severin, S. (2009): Wachstumsanalyse von Zuckerrüben bei Aussaat im Herbst und im Frühjahr. Göttingen: Cuvillier Verlag.

Kuderna, M., Pötsch, E., Blum, W.E.H. (1993): Zur Wahl des Extraktionsmittels bei der N_{min}-Bestimmung. Die Bodenkultur 44 (1), 7-14.

Lejeune-Hénaut, I., Bourion, V., Etévé, G., Cunot, E., Delhaye, K., Desmyter, C. (1999): Floral initiation in fields-grown forage peas is delayed to a greater extent by short photoperiods, than in other types of European varieties. Euphytica 109, 201-211.

Lunagaria, M.M., Shekh, A.M. (2006): Radiation interception, light extinction coefficient and leaf area index of wheat (*Triticum aestivum L.*) crop as influenced by row orientation and row spacing. The Journal of Agricultural Sciences 2, 43-54.

Mielke, H., Rodemann, B. (2007): Zum Anbau und Pflanzenschutz bei der seltenen Weizenart Einkorn (*Triticum monococcum*). Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 59 (7), 162-165.

Özdemir, S., Karadavut, U. (2003): Comparison of the performance of autumn and spring sowing of chickpeas in a temperate region. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 27 (6), 345-352.

Rinaldi, M., Vonella, A.V. (2006): The response of autumn and spring sown sugar beet (*Beta vulgaris L.*) to irrigation in Southern Italy: Water and radiation use efficiency. Field Crops Research 95, 103-114.

Schlichting, E., Blume, H.-P., Stahr, K. (1995): Bodenkundliches Praktikum. Berlin/Wien: Blackwell Wissenschafts-Verlag, 295.

Sial, M.A., Arain, M.A., Dahot, M.U., Markhand, G.S., Laghari, K.A., Mangrio, S.M., Mirbahar, A.A., Naqvi, M.H. (2010): Effect of sowing dates on yield and yield components on mutant-cum-hybrid lines of bread wheat. Pakistan Journal of Botany 42 (1), 269-277.

Tahir, M., Ali, A., Nadeem, M.A., Hussain, A., Khalid, F. (2009): Effect of different sowing dates on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum L.)* varieties in district Jhang, Pakistan. Pakistan Journal of Life and Social Science 7 (1), 66-69.

Tayyar, S., Egesel, C., Gül, K., Turhan, H. (2008): The effect of autumn and spring planting time on seed yield and protein content of chickpea genotypes. African Journal of Biotechnology. 7 (11), 1655-1661.

Valimohammade, F., Tajbakhsh, M., Saeid, A. (2007): Comparison winter and spring sowing dates and effect of plant density on yield, yield components and some quality, morphological traits of chickpea (*Cicer arientinum L.*) under environmental condition of Urmia, Iran. Journal of Agronomy. 6 (4), 571-575.

Vocanson, A., Jeuffroy M.-H. (2008): Agronomic performance of different pea cultivars under various sowing periods and contrasting soil structures. Agronomy Journal 100 (3), 748-759.

10. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Niederschlagssumme und Temperaturmittelwert vom 1. März bis 31. Juli 2011 21
Abbildung 2: BBCH-Entwicklungsstadien von Weizen (Xenos) in Abhängigkeit des Anbautermins: Herbstanbau (Winterung) und Frühjahrsanbau (Sommerung)..... 22
Abbildung 3: BBCH-Entwicklungsstadien von Erbse (Cherokee) in Abhängigkeit des Anbautermins: Herbstanbau (Winterung) und Frühjahrsanbau (Sommerung)..... 22
Abbildung 4: BBCH-Entwicklungsstadien von Einkorn (Terzino) in Abhängigkeit des Anbautermins: Herbstanbau (Winterung) und Frühjahrsanbau (Sommerung)..... 23
Abbildung 5: BBCH-Entwicklungsstadien von Triticale (Agrano) in Abhängigkeit des Anbautermins: Herbstanbau (Winterung) und Frühjahrsanbau (Sommerung)..... 24
Abbildung 6: BBCH-Entwicklungsstadien von Triticale (Trimmer) in Abhängigkeit des Anbautermins: Herbstanbau (Winterung) und Frühjahrsanbau (Sommerung)..... 24
Abbildung 7: Bodenbedeckungsgrad (%) von Weizen in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4) 26
Abbildung 8: Bodenbedeckungsgrad (%) von Erbse in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4) 26
Abbildung 9: Bodenbedeckungsgrad (%) von Einkorn in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4) 27
Abbildung 10: Bodenbedeckungsgrad (%) von Triticale, Sorte Agrano, in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4) 28
Abbildung 11: Bodenbedeckungsgrad (%) von Triticale, Sorte Trimmer, in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4) 28
Abbildung 12: Bestandeshöhe (cm) von Weizen im Verlauf der Vegetationsperiode in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4) 30
Abbildung 13: Bestandeshöhe (cm) von Erbse im Verlauf der Vegetationsperiode in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4) 30
Abbildung 14: Bestandeshöhe (cm) von Einkorn im Verlauf der Vegetationsperiode in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4) 31
Abbildung 15: Bestandeshöhe (cm) von Triticale (Sorte Agrano) im Verlauf der Vegetationsperiode in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)..... 32
Abbildung 16: Bestandeshöhe (cm) von Triticale (Sorte Trimmer) im Verlauf der Vegetationsperiode in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)..... 33
Abbildung 17: Oberirdische Biomasse von Weizen (g m^{-2}) in Abhängigkeit von vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4) 35
Abbildung 18: Oberirdische Biomasse von Erbse (g m^{-2}) in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4) 36
Abbildung 19: Oberirdische Biomasse von Einkorn (g m^{-2}) in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4) 37
Abbildung 20: Oberirdische Biomasse (g m^{-2}) von Triticale (Sorte Agrano) in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4) 37
Abbildung 21: Oberirdische Biomasse (g m^{-2}) von Triticale (Sorte Trimmer) in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4) 38
Abbildung 22: LAI (m^2 m^{-2}) von Weizen in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4)..... 40
Abbildung 23: LAI (m^2 m^{-2}) von Erbse in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4) 41

Abbildung 24: LAI (m^2 m^{-2}) von Einkorn in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4) 41
Abbildung 25: LAI (m^2 m^{-2}) von Triticale, Sorte Agrano, in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4) 42
Abbildung 26: LAI (m^2 m^{-2}) von Triticale, Sorte Trimmer, in Abhängigkeit vom Anbautermin (Mittelwerte, n=4) 43
Abbildung 27: Lagerneigung der verschiedenen Kulturen am 4. Juli 2011 in Abhängigkeit des Anbautermins: Herbstanbau (Winterung) und Frühjahrsanbau (Sommerung) 44
Abbildung 28: Lagerneigung der verschiedenen Kulturen am 13. Juli 2011 in Abhängigkeit des Anbautermins: Herbstanbau (Winterung) und Frühjahrsanbau (Sommerung) 45
Abbildung 29: Nitratstickstoffgehalt im Boden von Weizen, Erbse, Einkorn und Triticale im Herbstanbau (Mittelwerte, n=4) 47
Abbildung 30: Nitratstickstoffgehalt im Boden von Weizen, Erbse, Einkorn und Triticale im Frühjahrsanbau (Mittelwerte, n=4) 47
Abbildung 31: Absolute Wachstumsrate von Weizen, Erbse, Einkorn und Triticale im (a) Herbstanbau und (b) Frühjahrsanbau (Mittelwerte, n=4) 50
Abbildung 32: Relative Wachstumsrate von Weizen, Erbse, Einkorn und Triticale im (a) Herbstanbau und (b) Frühjahrsanbau (Mittelwerte, n=4) 52
Abbildung 33: PAR-Angebot während des Versuchszeitraumes (1. Oktober 2010 bis 31. Juli 2011) 53
Abbildung 34: Summe PAR-Aufnahme von Weizen, Erbse, Einkorn und Triticale in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin (Mittelwerte, n=4), GD = Grenzdifferenz 55
Abbildung 35: Nutzung der angebotenen photosynthetisch aktiven Strahlung von Weizen, Erbse, Einkorn und Triticale in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin (Mittelwerte, n=4), GD = Grenzdifferenz 56
Abbildung 36: Nutzung der aufgenommenen photosynthetisch aktiven Strahlung von Weizen, Erbse, Einkorn und Triticale in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin (Mittelwerte, n=4), GD = Grenzdifferenz 57
Abbildung 37: Harvestindex (%) in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin (Mittelwerte, n=4), GD = Grenzdifferenz 59
Abbildung 38: Tausendkorngewicht (g) in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin (Mittelwerte, n=4), GD = Grenzdifferenz 61
Abbildung 39: Oberirdische Biomasse (g m^{-2}) zur Ernte in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin (Mittelwert, n=4), GD = Grenzdifferenz 63
Abbildung 40: Korn-Trockenmasse (g m^{-2}) in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin (Mittelwert, n=4), GD = Grenzdifferenz 65
Abbildung 41: Stroh-Trockenmasse (g m^{-2}) in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin (Mittelwert, n=4), GD = Grenzdifferenz 67
Abbildung 42: Ähren / Hülsen m^{-2} in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin (Mittelwert, n=4), GD = Grenzdifferenz 69
Abbildung 43: Körner m^{-2} in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin (Mittelwert, n=4), GD = Grenzdifferenz 71
Abbildung 44: Kornanzahl pro Ähre bzw. Hülse in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin (Mittelwert, n=4), GD = Grenzdifferenz 73

11. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: N_{min}-Gehalt nach der Aussaat (Ziehung vom 12.10.2010) 14
Tabelle 2: Kulturmaßnahmen 19
Tabelle 3: Untersuchungsprogramm 20
Tabelle 4: Ergebnis der zweifachen ANOVA für die Bodenbedeckung (%) in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin im Jahr 2011 25
Tabelle 5: Ergebnis der zweifachen ANOVA für die Bestandeshöhe (cm) in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin im Jahr 2011 29
Tabelle 6: Ergebnis der zweifachen ANOVA für die oberirdische Biomasse (g m^{-2}) in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin im Jahr 2011 34
Tabelle 7: Ergebnis der zweifachen ANOVA für den Blattflächenindex (g m^{-2}) in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin im Jahr 2011 39
Tabelle 8: Ergebnis der zweifachen ANOVA des Nitratstickstoffgehaltes im Boden in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin im Jahr 2011 46
Tabelle 9: Ergebnis der zweifachen ANOVA der absoluten Wachstumsrate (g m^{-2} d^{-1}) in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin im Jahr 2011 48
Tabelle 10: Ergebnis der zweifachen ANOVA der relativen Wachstumsrate (g g^{-1} d^{-1}) in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin im Jahr 2011 51
Tabelle 11: Ergebnis der zweifachen ANOVA der PAR-Aufnahme, Nutzung der aufgenommenen photosynthetisch aktiven Strahlung und Nutzung der angebotenen photosynthetisch aktiven Strahlung in Abhängigkeit von Anbautermin und Kultur im Jahr 2011 54
Tabelle 12: Ergebnis der zweifachen ANOVA für den Harvestindex in Abhängigkeit von Kultur und Anbautermin im Jahr 2011 58
Tabelle 13: Ergebnis der zweifachen ANOVA für das Tausendkorngewicht (g) in Abhängigkeit von Kultur und Herbst- und Frühjahrsanbau im Jahr 2011 60
Tabelle 14: Ergebnis der zweifachen ANOVA für die Oberirdische Biomasse (g m^{-2}) zur Ernte in Abhängigkeit von Kultur und von Herbst- und Frühjahrsanbau im Jahr 2011 62
Tabelle 15: Ergebnis der zweifachen ANOVA für die Korn-Trockenmasse (g m^{-2}) zur Ernte in Abhängigkeit von Kultur und Herbst- und Frühjahrsanbau im Jahr 2011 64
Tabelle 16: Ergebnis der zweifachen ANOVA für die Stroh-Trockenmasse (g m^{-2}) zur Ernte in Abhängigkeit von Kultur und von Herbst- und Frühjahrsanbau im Jahr 2011 66
Tabelle 17: Ergebnis der zweifachen ANOVA für die Ähren bzw. Hülsen m^{-2} zur Ernte in Abhängigkeit von Kultur und von Herbst- und Frühjahrsanbau im Jahr 2011..... 68
Tabelle 18: Ergebnis der zweifachen ANOVA für die Körner m^{-2} zur Ernte in Abhängigkeit von Kultur und von Herbst- und Frühjahrsanbau im Jahr 2011..... 70
Tabelle 19: Ergebnis der zweifachen ANOVA für die Kornanzahl pro Ähre bzw. Hülse Abhängigkeit von Kultur und Herbst- und Frühjahrsanbau im Jahr 2011 72