



Hochschule Neubrandenburg  
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Landschaftsarchitektur

Fachgebiet Pflanzenernährung

Prof. Dr. Seggewiß

Dr. Verch

**Bachelor-Studienarbeit**

**Einfluss unterschiedlicher Getreideanteile in Fruchtfolgen auf  
Ertragsbildung (Ertrag), Nährstoffbilanzen und Humusbilanzen  
(Feldversuch 1998-2008)**

von

*Christoph Mittelstädt*

urn:nbn:de:gbv:519-thesis2009-0138-0

September 2009

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre hiermit Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Ort, Datum

Unterschrift

„Ich bin damit einverstanden, dass meine Bachelorarbeit in der Hochschulbibliothek eingestellt und damit der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.“

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	8
<b>2</b>	<b>Literaturteil</b> .....	9
2.1	<i>Fruchtfolge</i> .....	9
2.2	<i>Fruchtfolgesysteme</i> .....	11
2.3	<i>Stickstoffbilanzierung</i> .....	12
<b>3</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	14
3.1	<i>Standort</i> .....	14
3.1.1	Lage .....	14
3.1.2	Klima .....	14
3.1.3	Bodenparameter .....	15
3.2	<i>Versuchsplan</i> .....	15
3.3	<i>Fruchtfolgen Vorstellung</i> .....	16
3.3.1	Fruchtfolge 1 .....	16
3.3.2	Fruchtfolge 2 .....	17
3.3.3	Fruchtfolge 3 .....	18
3.3.4	Fruchtfolge 4 .....	19
3.3.5	Fruchtfolge 5 .....	20
<b>4</b>	<b>Messungen</b> .....	21
4.1	<i>Humusbilanzierung</i> .....	21
4.2	<i>N / P / K Bilanzierung</i> .....	22
4.3	<i>Vergleich der Fruchtfolgen anhand des Getreideeinheitenschlüssel</i> .....	22
4.4	<i>Temperatur und Niederschlag</i> .....	22
4.5	<i>Ertragsmessung</i> .....	22
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	23
5.1	<i>Humusbilanzierung der Fruchtfolgen 1-4 von 1998 bis 2007</i> .....	23
5.1.1	Humusbilanzierung aus der Rotation 4 .....	23
5.1.2	Humusbilanzierung aus der Rotation 5 .....	24
5.2	<i>Nährstoffbilanzen der Fruchtfolgen 1-5 von 1998 bis 2008</i> .....	25

5.2.1	N Bilanzen der einzelnen Jahre unterteilt in den Fruchtfolgen 1-5.....	25
5.3	<i>N / P / K Bilanzen zusammengefasst über 10 Jahre</i> .....	28
5.4	<i>Leistungsvergleich der Fruchtfolgen in Getreideeinheiten (GE/ha)</i> .....	30
5.5	<i>Ertragsvergleiche</i> .....	31
5.5.1	Ertragsvergleich der Wintergerste in den Fruchtfolgen 1-4 und Monokultur .....	31
5.5.2	Ertragsvergleich Winterroggen in Getreidewechsel und Winterroggen in Monokultur .....	32
5.6	<i>Niederschlagsmengen in Dedelow von 98 – 08</i> .....	33
<b>6</b>	<b>Diskussion / Auswertung</b> .....	<b>34</b>
6.1	<i>Humusbilanzierung der Fruchtfolge 1-4 in den Jahren 98 – 07</i> .....	34
6.2	<i>Nährstoffbilanzen der Fruchtfolgen 1-5 von 1998 bis 2008</i> .....	35
6.3	<i>Leistungsvergleich der Fruchtfolgen in Getreideeinheiten (GE/ha)</i> .....	36
6.4	<i>Ertragsvergleiche</i> .....	37
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>38</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>39</b>
<b>9</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>40</b>

## **Abkürzungsverzeichnis**

AHL	Ammonium – Harnstoff – Lösung
bzw.	beziehungsweise
°C	Grad Celsius
Cl	Chlorid
cm	Zentimeter
dt	Dezitonne
GE	Getreideeinheit
Erb	Erbsen
FF	Fruchtfolge
FFG	Fruchtfolgeglied
ha	Hektar
K	Kalium
kg	Kilogramm
KM	Körnermais
l	Liter
m	Meter
Mg	Magnesium
mm	Millimeter
Mono	Monokultur
N	Stickstoff
N <sub>2</sub>	molekularer Stickstoff
Na	Natrium
P	Phosphor
Ph	Phacelia
S	Schwefel
SM	Silomais
t	Tonne
TC	Triticale
WG	Wintergerste
WR	Winterroggen
WW	Winterweizen
ZR	Zuckerrübe

## **Abbildungsverzeichnis**

<b>Abbildung 1:</b> <i>Humusbilanz aus der Rotation 4 (1998 – 2002)</i> .....	<b>23</b>
<b>Abbildung 2:</b> <i>Humusbilanz aus der Rotation 5 (2003 – 2007)</i> .....	<b>24</b>
<b>Abbildung 3:</b> <i>Stickstoffbilanz aus der Fruchtfolge 1</i> .....	<b>25</b>
<b>Abbildung 4:</b> <i>Stickstoffbilanz aus der Fruchtfolge 2</i> .....	<b>26</b>
<b>Abbildung 5:</b> <i>Stickstoffbilanz aus der Fruchtfolge 3</i> .....	<b>26</b>
<b>Abbildung 6:</b> <i>Stickstoffbilanz aus der Fruchtfolge 4</i> .....	<b>27</b>
<b>Abbildung 7:</b> <i>Stickstoffbilanz aus der Fruchtfolge 5</i> .....	<b>27</b>
<b>Abbildung 8:</b> <i>Durchschnitts – N - Bilanzen über 10 Jahre</i> .....	<b>28</b>
<b>Abbildung 9:</b> <i>Durchschnitts - Kalium - Bilanzen über 10 Jahre</i> .....	<b>29</b>
<b>Abbildung 10:</b> <i>Durchschnittliche Phosphorbilanzen über 10 Jahre</i> .....	<b>29</b>
<b>Abbildung 11:</b> <i>Vergleich der Fruchtfolgen an GE</i> .....	<b>30</b>
<b>Abbildung 12:</b> <i>Mittelwert von GE über 10 Jahre in der Fruchtfolgen 1 – 4 und der Monokultur</i> .....	<b>30</b>
<b>Abbildung 13:</b> <i>Vergleich Durchschnittserträge von Wintergerste in den Fruchtfolgen 1 – 4 und in Monokultur</i> .....	<b>31</b>
<b>Abbildung 14:</b> <i>Ertragsvergleich Winterroggen in Getreidewechsel und Winterroggen in Monokultur</i> .....	<b>32</b>
<b>Abbildung 15:</b> <i>Jahresniederschlag von 1998 – 2008</i> .....	<b>33</b>

## **Tabellenverzeichnis**

<b>Tabelle 1:</b> <i>Schlagspezifische Daten des Versuchsstandortes Dedelow</i> .....	<b>15</b>
<b>Tabelle 2:</b> <i>Umstellung und Vorstellung der Fruchtfolge 1</i> .....	<b>16</b>
<b>Tabelle 3:</b> <i>Umstellung und Vorstellung der Fruchtfolge 2</i> .....	<b>17</b>
<b>Tabelle 4:</b> <i>Umstellung und Vorstellung der Fruchtfolge 3</i> .....	<b>18</b>
<b>Tabelle 5:</b> <i>Umstellung und Vorstellung der Fruchtfolge 4</i> .....	<b>19</b>
<b>Tabelle 6:</b> <i>Umstellung und Vorstellung der Fruchtfolge 5</i> .....	<b>20</b>
<b>Tabelle 7:</b> <i>Rohdaten NPK-Bilanz im Durchschnitt über 10 Jahre</i> .....	<b>40</b>
<b>Tabelle 8:</b> <i>Rohdaten N-Bilanzen verschiedener Fruchtfolgen über 10 Jahre</i> .....	<b>41</b>
<b>Tabelle 9:</b> <i>Niederschlagsmengen in Dedelow über 10 Jahre</i> .....	<b>42</b>
<b>Tabelle 10:</b> <i>Temperaturen in Dedelow über 10 Jahre</i> .....	<b>42</b>
<b>Tabelle 11:</b> <i>Zuordnung Anbauplan</i> .....	<b>42</b>
<b>Tabelle 12:</b> <i>Anbauplan 2008</i> .....	<b>43</b>

# 1 Einleitung

Im Verlauf der Menschheitsgeschichte musste sich die Fruchtfolge im Wesen und Gestalt dem kurzfristigen Zweckdenken unterwerfen. (BAUMER, 1996).

Auf Grund des hohen Mechanisierungsgrades und der vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten von der Brotgetreideerzeugung sowie der Futternutzung bis hin zum nachwachsenden Rohstoff, hat das Getreide in Verlaufe der Nachkriegsentwicklung beachtlich hohe Fruchtfolgeanteile erlangt.

Das Spektrum klassischer Getreidearten ist seit den 60 er Jahren durch Körner und Silomais nachhaltig erweitert worden. Triticale, eine bekannte Kreuzung aus Roggen und Weizen, konnte durch seine gute Verwendungsmöglichkeit in der Schweinefütterung und die, gegenüber den Weizen geringeren Standortansprüche, seinen Flächenanteil im Ackerbau bis vor wenigen Jahren ausbauen. Mit den steigenden Ölpreisen, stiegen ebenfalls proportional dazu die Düngerpreise. Aus diesem Grund wird es immer wichtiger, Nährstoffbilanzen seiner Böden zu kontrollieren und gegebenenfalls bei Unstimmigkeiten zu reagieren. Die heutige Marktentwicklung mit den entsprechenden Preisen zwingen dem Landwirt entsprechend mit den richtigen Strategien zu reagieren, Entweder den Getreideanteil in der Fruchtfolge zu erhöhen oder zu senken.

Geschichtlich gesehen, hat die Intensivierung der Viehhaltung nicht selten zu einem Überhang an Stickstoff, Phosphor sowie Kali geführt, welcher zu einer Belastung des Grund- und Oberflächenwassers führen kann. In Gegensatz zu Stickstoff liegt die Präferenz bei Phosphor und Kali nicht in der Marktsituation, sondern eher in der besseren Nutzung der schon im Boden enthaltenen Nährstoffe. Um eine langfristige Nachhaltigkeit im Ackerbau zu erhalten ist es wichtig, dass Fruchtfolgen speziell auf die Humusbilanz ausgerichtet werden. In dieser Bachelorarbeit wird der Einfluss unterschiedlicher Getreideanteile in Fruchtfolgen auf die Ertragsbildung und Nährstoffbilanzen untersucht und diskutiert.



## 2 Literaturteil

### 2.1 Fruchtfolge

Die Fruchtfolge wird beschrieben nach LÜTKE ENTRUP (1986) als „die Zeitliche Aufeinanderfolge der einzelnen Kulturpflanzen im Laufe der Jahre auf ein und denselben Feld. Grundlage einer Fruchtfolge ist das Anbau - Fruchtartenverhältnis. Damit wird der prozentuale Anteil der einzelnen Kulturpflanzen an der gesamten Ackerfläche in einen Jahr beschrieben. Jede Fruchtfolge wird dementsprechend durch das Anbau-, Fruchtarten-, oder Ackerflächenverhältnis charakterisiert. (LÜDKE ENTRUP & OEHMICHEN ,2000)

Nach DIEPENBROCK & ELLMER/LÉON (2005) ist die Fruchtfolge der geordnete, sinnvolle zeitliche Wechsel der Pflanzenbestände auf dem Ackerland. Das Aufeinanderfolgen verschiedener Nutzpflanzen sollte so ablaufen, dass Teilbrachen sehr kurz gehalten werden, um die verfügbare Vegetationszeit möglichst effizient auszunutzen. Die optimalen Saat – und Ernteterminen stehen damit eng im Zusammenhang. Ertragsbeeinträchtigungen sollten durch Einhaltung verschiedener Anbaupausen vermindert gegebenfalls sogar verhindert werden. Als letztes sind die Vorfruchtwirkungen effizient auszunutzen. (DIEPENBROCK & ELLMER/LÉON, 2005).

Der Begriff des „Integrierten Pflanzenbaues“ wird von der „Förderungsgemeinschaft Integrierter Pflanzenbau“, kurz FIP, als ein Standortgerechtes Verfahren des Acker - und Pflanzenbaues zur Erzeugung hochwertiger pflanzlicher Nahrungsmittel unter gleichzeitiger Beachtung ökologischer und ökonomischer Erfordernisse beschrieben.

Zu dem spielt bei diesem Verfahren die Fruchtfolgegestaltung eine große Rolle. Nach HAYLAND (1990) ist die Aufgabe der Fruchtfolgegestaltung, den Standort als Produktionsort in seiner Qualität und Quantität zu erhalten aber auch die nicht ausreichenden Faktorkapazitäten zu ergänzen. Folgende Punkte haben eine große Bedeutung in der Gestaltung von Fruchtfolgen:

- *Phasen der Bodenruhe zur Regeneration*
- *Wasser und Erosionsschutz*
- *ausreichender Wechsel von Halm und Blattfrüchten*
- *volle Erschließung des Wurzelraumes*
- *Bemühen einer ausgeglichenen Humusbilanz*

Ein weiterer wichtiger Faktor bei der Fruchtfolge ist der Humusgehalt im Boden. Humus ist die organische Substanz im Boden, welche vorwiegend aus den Ausscheidungen lebender sowie aus den Rückständen abgestorbener Organismen besteht. Es befindet sich im stetigem Ab-, Um- und Aufbau. Humus an sich stellt das Wesensmerkmal der Bodenfruchtbarkeit dar. Dieser ist Nahrungsgrundlage der Mikro- und Makroorganismen und steht somit in direkter Wechselwirkung mit der Fruchtfolgegestaltung. (LÜDKE ENTRUP & OEHMICHEN, 2000).

## 2.2 Fruchtfolgesysteme

Fruchtfolgesysteme sind sehr vielfältig und sind in verschiedenen Variationen vorhanden. Eine Systematisierung ist aus diesem Grund erschwert. In Anlehnung an BRINKMANN (1943) kann man eine grundsätzliche Unterteilung vornehmen:

- *Felderwirtschaften*
- *Fruchtwechselwirtschaften*
- *Wechselwirtschaften (Feld und Kleegrassysteme)*

Die Besonderheit bei den Felderwirtschaften besteht in der Gruppierung aller angebauten Pflanzenarten. Diese werden zum einem in Blattfrüchte und zum anderen in Halmfrüchte unterteilt. Daraus bilden sich dann die Fruchtfolgeglieder, welche 2-, 3- oder sogar vierfeldrig sein können. Diese stellen wiederum die Bausteine für ein-, zwei – oder mehrgliedrige Fruchtfolgen dar. Zu den Felderwirtschaften zählen ebenso die alte und neu – verbesserte Dreifelderwirtschaft sowie die Mehrfelderwirtschaft. (OEHMICHEN, 1986)

Der Begriff der Fruchtwechselwirtschaften beinhaltet nach DIEPENBROCK & ELLMER/LÉON (2005) den einfachen Fruchtwechsel (Blattfrucht-Halmfruchtanteilen von 50%), den Doppelfruchtwechsel (Kombination aus 2 Blattfrüchten mit 2 Halmfrüchten) und den Überfruchtwechsel. Dieser liegt vor, wenn nach zweimaligem Blattfruchtanbau nur eine Halmfrucht folgt.

Die Wechselwirtschaft oder auch Feld – und Kleegrassysteme genannt findet man häufig bei rinderhaltenden Betrieben, wo ein großer Teil des benötigten Futters über dem Ackerfutterbau produziert wird. Dabei wird unterschieden in:

- *Kleegraswirtschaften*
- *Luzernwirtschaften*
- *Graswirtschaften*

Die ersten Beiden waren stark verbreitet, da fast alle Betriebe einen hohen Besatz an unterschiedlichen Tierarten hatten und sich daraus praktisch vielseitige Fruchtfolgen ergaben. Kleegras wurde infolge häufig zweijährig angebaut. Durch die hohen Mengen an organischer Masse für den Boden hatte dieses einen hohen Stellenwert im Fruchtfolgeablauf. (OEHMICHEN, 1986).

## 2.3 Stickstoffbilanzierung

Zur Optimierung der Pflanzenproduktion und zur Vermeidung von Umweltproblemen durch die Düngung, ist eine ausgeglichene Nährstoffbilanz erforderlich. Eine Nährstoffbilanz ergibt sich aus der Differenz von Nährstoffzufuhr und Nährstoffabfuhr bzw. Nährstoffverlusten. Die Nährstoffzufuhr kann grundsätzlich aus den folgenden Quellen hervorgehen:

- Mineralverwitterung
- atmosphärische Nährstoffeinträge
- Organische Düngung
- N<sub>2</sub>- Fixierung
- Mineralische Düngung

Die Mineralverwitterung stellt den Ausgangsprozess für die Freisetzung der meisten Nährstoffe dar. Jedoch aufgrund der geringen Freisetzungsrates spielt diese für die intensiv - wirtschaftenden Betriebe häufig keine Rolle.

Je nach Nährstoff und Standort können atmosphärische Nährstoffeinträge sehr unterschiedlich sein. In Meeresnähe kommt z.B. den Eintrag von Na, Cl und Mg eine größere Bedeutung zu. Mit der Verbrennung fossiler Rohstoffe wurden ausreichend Mengen an Schwefel in die Böden eingetragen. Erst mit der gesetzlichen S-Emission Begrenzung ist eine zusätzliche Schwefel Düngung notwendig. Nährstoffe die nicht durch Mineralverwitterung atmosphärische Deposition gedeckt werden müssen über Betriebs eigene organische Düngemittel sogenannte Sekundärrohstoffdünger zu geführt werden.

Erst nach Ausschöpfung dieser Möglichkeiten und der Minimierung der Verluste sollten die biologische N<sub>2</sub> – Fixierung und die mineralische Düngung genutzt werden um Defizite auszugleichen.

Nährstoffverluste kann man in 4 Gruppen einteilen die unterschiedlich bewertet werden müssen:

- volatile Verluste
- Auswaschung
- Entzug
- Fixierung

Volatile Verluste und die Auswaschung von Nährstoffe sind nicht nur ökonomisch relevant sondern auch ökologisch. In erster Linie trifft dies für N zu aber auch die C-, P- und S-Emissionen dürfen nicht vernachlässigt werden. Die Nährstoffauswaschung wird durch das Produkt aus Sickerwassermenge und der Konzentration der im Sickerwasser gelösten

Nährstoffe bestimmt. Für die Vermeidung entscheidend ist daher der Pflanzenbestand. Bei dichten gut wachsenden Beständen können Auswaschungsverluste vermieden werden. Das Ausmaß der Auswaschung einzelner Nährstoffe hängt auch von ihrer Bindung an Bodenteilchen ab. Der Nährstoffentzug errechnet sich aus dem Produkt von Trockenmaßertrag und Nährstoffkonzentration. Der Nährstoffentzug durch den Pflanzenbestand stellt somit einen nicht vermeidbaren Verlust dar. Da alle Prozesse der Fixierung reversibel sind stellen sie keine echten Verluste für die Nährstoffbilanz dar. (SCHUBERT, 2006).

### **3 Material und Methoden**

#### **3.1 Standort**

##### **3.1.1 Lage**

Der Versuchsstandort Dedelow liegt im Bundesland Brandenburg, etwa 75 km östlich von Neubrandenburg. Der Standort entspricht den Verhältnissen der Uckermark und des südlichen Mecklenburg – Vorpommerns. Er gehört mit seinen guten Anbaubedingungen zu den besseren Standorten im Land Brandenburg.

##### **3.1.2 Klima**

Die Region Uckermark – Barnim kann aus klimatischer Sicht ein deutlicher Übergang zwischen den nordwestlichen subatlantischen und den südöstlichen subkontinentalen Gebieten registrieren. Ein beträchtlicher Niederschlagsgradient von bis zu 500 l/m<sup>2</sup> besteht in dem Gebiet der Schorfheide und dem Odertal.

Die Erfassung der Wetterdaten für den Standort Dedelow erfolgt in der dem Versuchsfeld angeschlossenen Wetterstation. Der Standort zählt zum Gebiet des ostdeutschen Binnenklimas. Die langjährige Jahresdurchschnittstemperatur der Luft liegt bei 8,3 °C. Der Niederschlag beträgt im langjährigen Mittel 500 l/m<sup>2</sup>. Die Vollständigen Wetterdaten sind im Anhang zu entnehmen.

### 3.1.3 Bodenparameter

In Tabelle 1 werden die schlagspezifischen Daten des Versuchsstandortes Dedelow in Bezug auf die Bodenparameter näher beschrieben.

**Tabelle 1: Schlagspezifische Daten des Versuchsstandortes Dedelow**

Standorttyp	D4a, Sickerwasserbestimmte Tieflehme, Körnung (0-30 cm) 10 % Ton, 30 % Schluff, 60 % Sand
Humus	C <sub>org</sub> (%): 0,9 N <sub>t</sub> (%): 0,09
Nutzbare Feldkapazität (nFK)	21,9 mm/dm
Bodenzahl	42

Quelle: Forschungsstation Dedelow ZALF e.V. 2009

### 3.2 Versuchsplan

Die Versuche wurden in eine faktorielle Streifenanlage angelegt, wo 4 Wiederholungen durchgeführt wurden und jede Wiederholung für sich einen Block bildete. Insgesamt wurden 300 Parzellen für diesen Versuch angelegt. Die Parzellen haben eine Grundfläche von (1,5m x 5,5m) 8,25m<sup>2</sup>.

Der Versuch läuft schon seit 1983 auf den Flächen, wo 5 Fruchtfolgen mit jeweils unterschiedlichen Getreideanteilen untersucht worden sind. Ebenfalls wurden die Auswirkungen von 3 Verschiedenen N - Intensitäten untersucht. Die 1. Intensität bei Entzug +20%, die 2. Intensität bei Entzugsdüngung und die 3. Intensität bei Entzug -20%.

Die Reproduktion der organischen Substanz erfolgt durch Verbleib aller Ernterückstände auf dem Feld.

Bei allen Kulturen erfolgt eine Sortenkontinuität, erst bei Bedarf wird die Sorte gewechselt und neuen Erfordernissen angepasst. Die Phosphor-, Kali-, Mangan- und Calcium - Düngung erfolgt nach Entzug. Die Düngung wird in der Rotation im 2. und im 5. Jahr durchgeführt. Der Lageplan der Parzellen und der Düngeplan sind im Anhang einzusehen.

### 3.3 Fruchtfolgen Vorstellung

#### 3.3.1 Fruchtfolge 1

Dieser Fruchtfolgeversuch besteht aus 100 % Getreide im Fruchtwechsel. Seit 1983 ist die Fruchtfolge, wie in Tabelle 2 beschrieben, zusammengesetzt. Ab 1998 wurde diese Fruchtfolge an der aktuellen Bewirtschaftung in den Marktfruchtbetrieben angepasst. Als ertragreiche Wintergetreidearten wurden Triticale und Winterroggen in den Versuch aufgenommen. Sommergerste und Hafer wurden aus dem Versuch entfernt. Die Kruziferen und Leguminosen wurden als Zwischenfrüchte entfernt, da die Nachfolgefrucht jeweils eine Winterrung ist.

**Tabelle 2: Umstellung und Vorstellung der Fruchtfolge 1**

<b>Fruchtfolge seit 1983</b>	<b>Fruchtfolge ab 1998</b>
Sommergerste	Winterroggen
Winterweizen / Kruziferen	Winterweizen
Hafer	Triticale
Winterweizen	Winterweizen
Wintergerste / Leguminosen	Wintergerste

*Quelle: eigene Zusammenstellung*

Nach der Ernte verbleiben die Rückstände auf den Acker. Die Ernterückstände werden zuerst mit einer Scheibenegge flach eingearbeitet. Es folgt eine Saatfurche mit dem Pflug auf 25 cm Tiefe. Die Saatbettbereitung erfolgt mit einem Kreiselgrubber und sofortiger Direktsaat. Die Aussaattermine werden jahresspezifisch optimal ausgerichtet. Es werden keine extremen Früh - und Spätsaaten angestrebt. Die Wintergerste sollte am 10.09 und Winterweizen, Triticale, Winterroggen am 15.09 bestellt werden.



### 3.3.2 Fruchtfolge 2

Die Fruchtfolge wurde 1998 nach den aktuellen Bewirtschaftungsformen angepasst.

Im 3. Fruchtfolgeglied wurde die Kartoffel von der Triticale ersetzt. Dadurch, dass nun an dieser Stelle eine Winterung steht, wurde auch die Zwischenfrucht Kruzifere aus dem Versuch entfernt. Die Sommergerste wurde durch Körnermais ersetzt. Dadurch, dass Körnermais eingesetzt wurde, blieb der Getreideanteil bei 80 %.

2003 wurde diese Fruchtfolge neu für Futterbaubetriebe gestaltet. Im 2. Fruchtfolgeglied ersetzt die Triticale den Winterweizen. Um die Fruchtfolge – Effekte des Winterweizen optimal zu nutzen, wurde im 3. Fruchtfolgeglied die Triticale durch den Raps ersetzt. Da speziell auf Futterbaubetriebe geachtet worden ist, wurde im 1. Fruchtfolgeglied der Körnermais durch den Silomais ersetzt. Nach dieser Umstellung ist der Getreideanteil auf 60% gesunken und der Blattfruchtanteil auf 40 % gestiegen.

**Tabelle 3: Umstellung und Vorstellung der Fruchtfolge 2**

<b>Fruchtfolge: seit 1983</b>	<b>Fruchtfolge: ab 1998</b>	<b>Fruchtfolge: ab 2003</b>
Sommergerste	Körnermais	Silomais
Winterweizen / Kruziferen	Winterweizen	Triticale
Kartoffeln	Triticale	Raps
Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen
Wintergerste / Leguminosen	Wintergerste / Leguminosen	Wintergerste / Leguminosen

Quelle: eigene Zusammenstellung

Nach der Ernte wurden die Ernterückstände mit einer Scheibenegge flach eingearbeitet. Dann erfolgte mit dem Pflug eine Saattfurche. Die Aussaat wurde mit einer Kreiselgrubber Direktsaatkombination durchgeführt. Die Aussaattermine wurden jahresspezifisch festgelegt. Um keine großen Schwankungen in den Aussaatzeiten zu haben, wurden Stichtage festgelegt. Die Wintergerste sollte am 10.09, der Winterweizen und die Triticale am 15.09. und der Raps am 15.08. bestellt werden.

Bei Silomais und auch beim Körnermais wurde der frühestmögliche Zeitpunkt gewählt. Erst als keine Spätfröste mehr auftraten und die Bodentemperatur zwischen 7 – 9 °C lag, wurde bestellt. Dies war meistens die Zeit zwischen Mitte April und Anfang März.

### 3.3.3 Fruchtfolge 3

1998 wurde auch diese Fruchtfolge nach den aktuellen Bewirtschaftungsformen angepasst. Im 3. Fruchtfolgeglied wurde die Kartoffel aus dem Versuch entfernt und durch die Erbse ersetzt. Die Kruziferen als Zwischenfrucht wurden aus dem Versuch genommen. Im 1. Fruchtfolgeglied wurde die Erbse durch den Raps ersetzt. Somit steht jeweils der Winterweizen nach einer Blattfrucht.

2003 wurde die Zwischenfrucht Phacelia mit in den Versuch genommen. Sie agierte zwischen den 2 und 3 Fruchtfolgeglied als Vorfrucht für die Erbsen. Dadurch, dass die Phazalie über den Winter sehr gut abfriert ist eine Mulchsaat der Erbsen möglich.

Seit 1983 ist der Getreideanteil von 60% und der Blattfruchtanteil von 40% konstant geblieben.

**Tabelle 4: Umstellung und Vorstellung der Fruchtfolge 3**

<b>Fruchtfolge: seit 1983</b>	<b>Fruchtfolge: ab 1998</b>	<b>Fruchtfolge: ab 2003</b>
Erbsen	Raps	Raps
Winterweizen / Kruziferen	Winterweizen	Winterweizen / Phazalie
Kartoffeln	Erbsen	Erbsen
Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen
Wintergerste	Wintergerste	Wintergerste

*Quelle: eigene Zusammenstellung*

Nach der Ernte wurden die Erntereste durch einen Stoppelsturz mit der Scheibenegge flach eingearbeitet. Danach folgte eine Saalfurche mit einem Pflug auf 25cm Tiefe.

Die Aussaat wurde mit einer Kreiselgrubber Direktsaatkombination durchgeführt.

Die Saatzeiten sind Jahresspezifisch festgelegt worden. Dabei hielt man sich an Stichtage. Der Raps wurde am 15.08, der Winterweizen am 15.09 und die Wintergerste am 10.09 bestellt.

Die Erbsen sollten in den Zeitraum von Ende Februar bis Ende März bestellt werden.

In diesem Zeitraum wurde der frühest mögliche Saattermin gewählt. Die Aussaat der Phacelia wird zwischen Anfang August und Anfang September angesetzt wobei in den Versuchen immer eine Fröhsaat angestrebt wurde.

### 3.3.4 Fruchtfolge 4

Auch diese Fruchtfolge wurde 1998 den aktuellen Bewirtschaftungsformen angepasst. Im 1. Fruchtfolgeglied wurde der Öllein durch den Winterroggen ersetzt. Da als 2. Fruchtfolgeglied die Zuckerrübe folgte, wurde als Zwischenfrucht Phacelia angebaut. Um somit die Zeit bis zur Neuansaat zu überbrücken. Im 3. Fruchtfolgeglied wurde die Kartoffel von der Triticale ersetzt. Durch diese Umstellung entstand ein Getreideanteil von 80% und ein Blattfruchtanteil von 20%. 2003 wurde die Fruchtfolge für Marktfruchtbetriebe neu gestaltet. Der Winterroggen als erstes Fruchtfolgeglied wurde durch die Wintergerste ausgetauscht. Dadurch steht einmal die Wintergerste in Selbstfolge. Der Getreideanteil bleibt aber bei 80%.

**Tabelle 5: Umstellung und Vorstellung der Fruchtfolge 4**

<b>Fruchtfolge: seit 1983</b>	<b>Fruchtfolge: ab 1998</b>	<b>Fruchtfolge: ab 2003</b>
Öllein	Winterroggen / Phacelia	Wintergerste / Phacelia
Zuckerrüben	Zuckerrübe	Zuckerrübe
Kartoffeln	Triticale	Triticale
Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen
Wintergerste	Wintergerste	Wintergerste

Quelle: eigene Zusammenstellung

Da auch in dieser Fruchtfolge die Erntereste auf den Feld verbleiben, wurde hier auch ein flacher Stoppelsturz mit anschließender Saatfurche auf 25 cm Tiefe durchgeführt.

Als Nachfolgefrucht der Zuckerrübe, wurde die Triticale nach Einarbeitung des Zuckerrübenblattes pfluglos bestellt. Die Zuckerrüben Aussaat erfolgt als Mulchsaat je nach dem welche Witterung und Bodenbedingungen vorherrschen wurde eine Bodenbearbeitung vorgezogen oder nicht.

Wenn der Boden ausreichend abgetrocknet und erwärmt ist sollte die Zuckerrübenaussaat Mitte März beginnen. Die Zwischenfrucht Phacelia kann zwischen Anfang August und Anfang September erfolgen. Angestrebte Aussaattermine sind, für Wintergerste 10.09 und für Winterweizen 15.09.

### 3.3.5 Fruchtfolge 5

Auch in den Monokulturversuch wurde 1998 eine Aktualisierung vorgenommen. Die Sommergerste Monokultur wurde gegen eine Triticale Monokultur ausgetauscht. Die Kartoffel Monokultur wurde gegen eine Körnermais Monokultur ausgetauscht.

**Tabelle 6: Umstellung und Vorstellung der Fruchtfolge 5**

<b>Fruchtfolge: seit 1983</b>	<b>Fruchtfolge: ab 1998</b>
Wintergerste Monokultur	Wintergerste Monokultur
Sommergerste Monokultur	Triticale Monokultur
Kartoffeln Monokultur	Körnermais Monokultur
Winterweizen Monokultur	Winterweizen Monokultur
Wintergerste / Leguminosen Monokultur	Winterroggen Monokultur

*Quelle: eigene Zusammenstellung*

Bei allen Kulturen in dieser Fruchtfolge verbleiben die Erntereste auf dem Feld. Die Bodenbearbeitung ist eingeteilt in einen flachen Stoppelsturz mit einer Scheibenegge und in einer Saatsfurche auf 25 cm Tiefe mit einem Pflug. Die Aussaat erfolgt mit einer Kreiselgrubber Direktsaatkombination. Der Winterweizen, der Winterroggen und die Triticale sollten am 15.09 und die Wintergerste am 10.09 bestellt werden. Die Körnermaisbestellung wurde zwischen Mitte April und Anfang Mai angesetzt.

## 4 Messungen

### 4.1 Humusbilanzierung

Bei der Humuswirtschaft in der Fruchtfolge ist es wichtig dass für die Mikrobentätigkeit ständig organisches Substrat zum Abbau zur Verfügung steht. Um damit die Nährstoffverfügbarkeit aufrecht zu erhalten. Damit erneut Humus gebildet werden kann, muss abgebauter Dauerhumus wieder durch eine kontinuierliche Versorgung mit organischem Substrat gewährleistet sein. Die Humusbilanz beschreibt eine Zu - und Abnahme des Humusgehaltes innerhalb eines Beobachtungszeitraumes.

Im ersten Schritt dieser Berechnung ist es von Nöten die Humuswirkung der angebauten Früchte zu wissen. Diese Humuswirkung, die in kg Humus-C / ha und Jahr angegeben ist, wird in einem Tabellen Schlüssel ersichtlich. Als nächsten Schritt sollte man den Anfall von organischem Material, wie Stroh, Rübenblatt oder Gründüngung auf den Flächen berechnen. Um dies zu Berechnen benötigt man den Ertrag des Haupternteerzeugnisses und das Verhältnis von Korn zu Stroh oder auch Rübe zu Blatt. Die errechnete Menge anorganischen Materials wird dann mit einem Humusfaktor verrechnet um somit auf die Menge an Humus zu kommen. Die entweder als Zufuhr, oder wenn das Stroh bzw. das Rübenblatt abgefahren wird, als Abfuhr berechnet wird. Da jetzt die Humuswirkung der angebauten Frucht und die zugeführte bzw. abgeführte Menge vom organischen Material bekannt ist, kann eine Bilanzierung erstellt werden. Ein Bild vom Verhalten des Humus im Boden gibt diese Bestimmung jedoch nicht, es müssten darüber hinaus Zusammensetzung und Bindungsformen des Humus bekannt sein.

Ziel einer geordneten Humuswirtschaft ist eine ausgeglichene oder noch besser eine positive Humusbilanz. Man hat mehrere Möglichkeiten auf den Humushaushalt des Bodens einzuwirken. Die Art der Bodennutzung und die Fruchtfolgegestaltung spielen eine große Rolle, auch die Abfuhr und die Zufuhr von Ernterückständen. Der Zwischenfruchtanbau und die Intensität der Bodenbearbeitung sind ebenfalls Aspekte die berücksichtigt werden müssen.

## **4.2 N / P / K Bilanzierung**

Die Nährstoffbilanz setzt sich aus die Nährstoffzufuhr und die Nährstoffabfuhr zusammen.

Die Abfuhr wird aus dem Trockenmasseertrag und der Nährstoffkonzentration im Erntegut berechnet. Dadurch, dass alle Ernterückstände auf den Feld verbleiben wird nur die Nährstoffkonzentration des Korns benötigt. Die Nährstoffkonzentration wird dann mit dem Trockenmasseertrag Multipliziert und der Entzug berechnet.

Die Nährstoffzufuhr setzt sich aus der ausgebrachten jährlichen Düngermenge zusammen.

Die Bilanz errechnet sich dadurch dass die Nährstoffabfuhr von der Nährstoffzufuhr abgezogen wird.

## **4.3 Vergleich der Fruchtfolgen anhand des Getreideeinheitenschlüssel**

Durch diese Zusammenfassung der Erträge, der Blatt und Halmfrüchten ist es möglich die Fruchtfolgen untereinander zu vergleichen. Die Berechnung erfolgt indem der Ertrag der einzelnen Frucht (dt/ha) mit der dazugehörigen Getreideeinheit (GE / dt) multipliziert wird, dadurch erhält man die Getreideeinheit je ha.

## **4.4 Temperatur und Niederschlag**

Die Erfassung der Wetterdaten für den Standort Dedelow erfolgt in der dem Versuchsfeld angeschlossenen Wetterstation der Forschungsstation Dedelow des Zentrums für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V. Müncheberg.

## **4.5 Ertragsmessung**

Die Ertragsmessung erfolgt mittels einer integrierten elektronischen Erfassung im Drescher. Bei dem Drescher handelt es sich um einen Parzellendrescher. Die Daten die dort gesammelt worden sind wurden dann auf einen PC übertragen und verrechnet. So dass pro Parzelle ein Wert berechnet wurde.

## 5 Ergebnisse

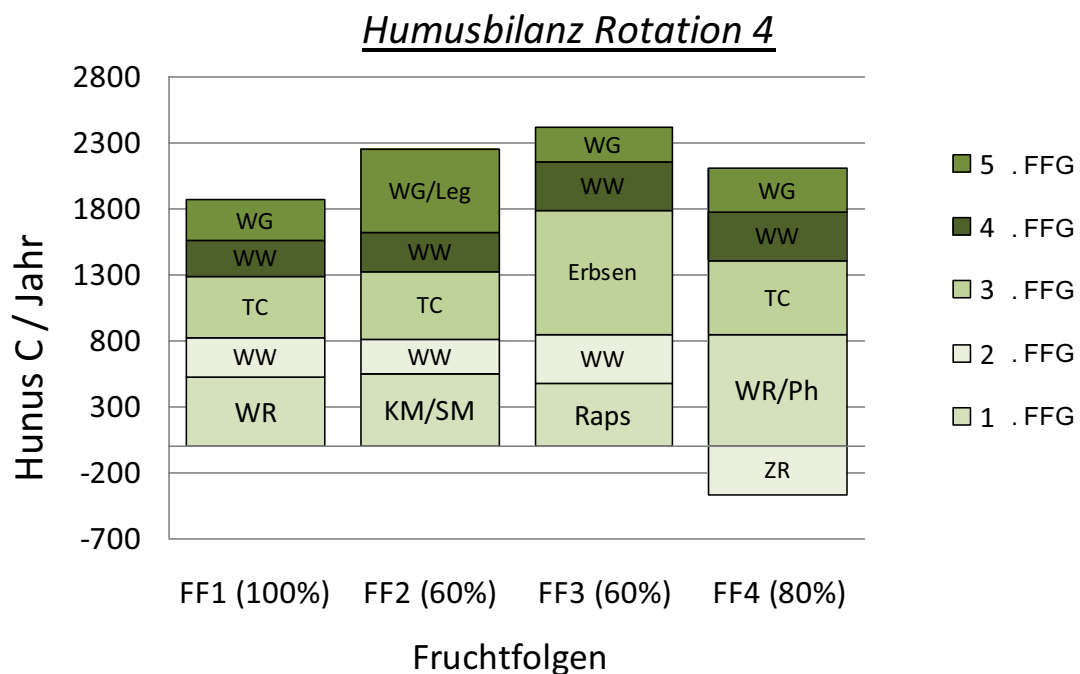
### 5.1 Humusbilanzierung der Fruchtfolgen 1-4 von 1998 bis 2007

Eine Rotation beschreibt, dass der Anbau der einzelnen Fruchtfolge einmal durchgelaufen wurde. Das bedeutet, dass eine Fruchtfolge mit 5 Fruchtfolgegliedern 5 Jahre benötigt um einmal zu rotieren. Die Rotation 6 konnte nicht abgebildet werden, da diese Rotation erst 1 Jahr im Anbau war.

#### 5.1.1 Humusbilanzierung aus der Rotation 4

Diese Darstellung beschreibt die Humusbilanzierung aus der Rotation 4 von 1998 – 2002.

Die Säulen sind jeweils in 5 Teilstücken aufgeteilt die die einzelnen Fruchtfolgeglieder der Fruchtfolge beschreiben. Es ist zu erkennen dass die Fruchtfolge 3 den höchsten Humussaldo erreichen konnte. Obwohl die Erntereste auf den Feld verblieben sind, hat die Zuckerrübe in der Fruchtfolge 4 einen negativen Wert erreicht. Bei der Fruchtfolge 2 und 4 ist zu erkennen dass durch einen Zwischenfrucht Anbau die Bilanz erhöht werden konnten.

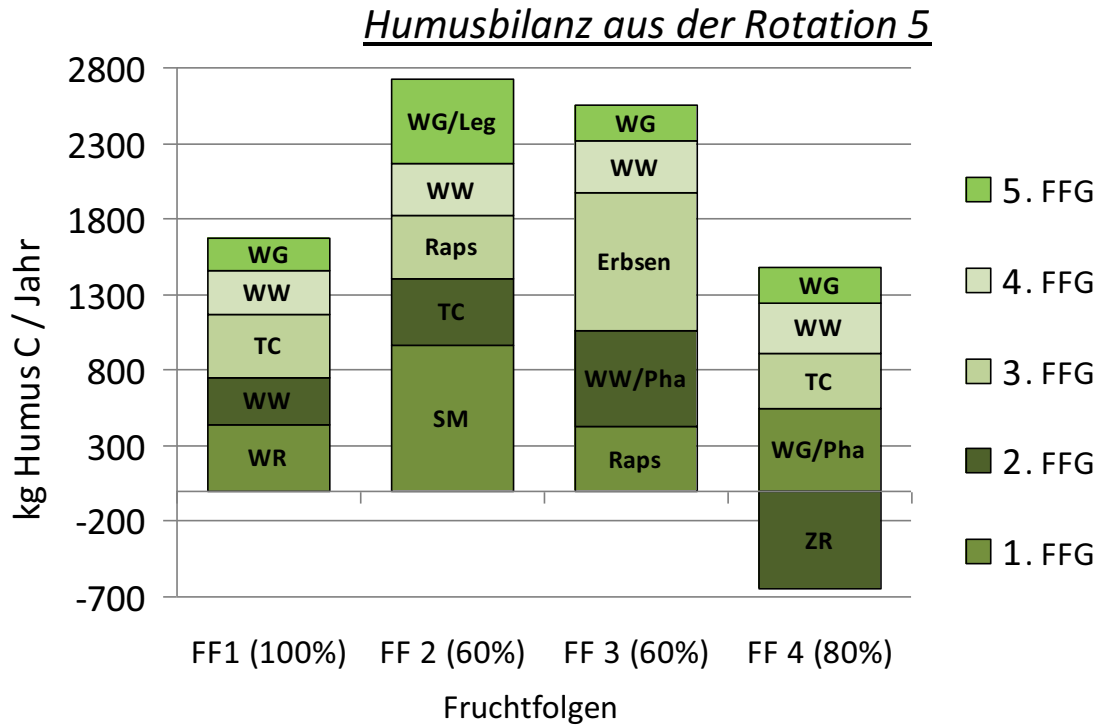


**Abbildung 1: Humusbilanz aus der Rotation 4 (1998 – 2002)**

Quelle: ZALF Dedelow

### 5.1.2 Humusbilanzierung aus der Rotation 5

Diese Darstellung beschreibt die Humusbilanzierung aus der Rotation 5 von 2003 – 2007. In dieser Rotation hat jetzt die Fruchtfolge 2 den höchsten Humussaldo.



**Abbildung 2: Humusbilanz aus der Rotation 5 (2003 – 2007)**  
 Quelle: ZALF Dedelow

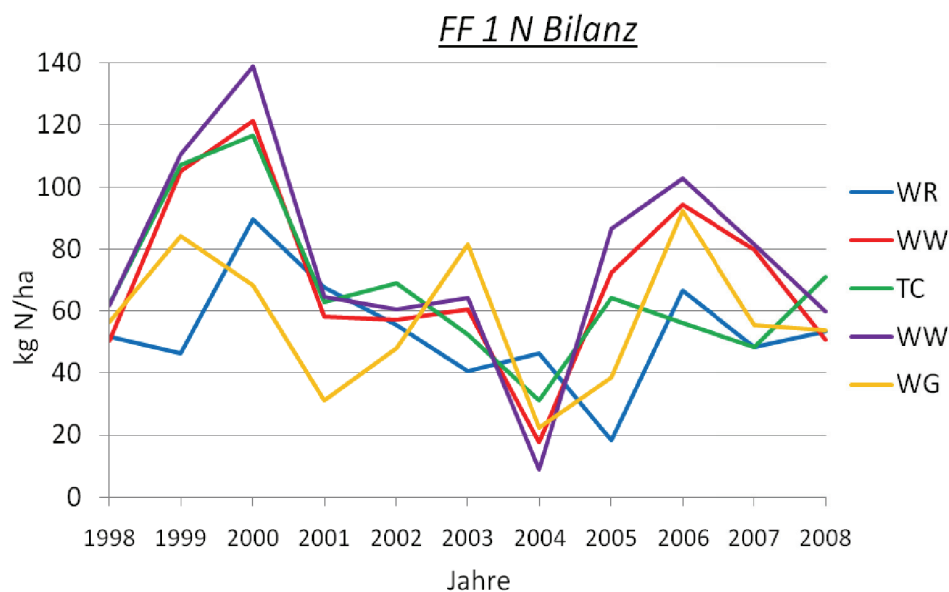


## 5.2 Nährstoffbilanzen der Fruchtfolgen 1-5 von 1998 bis 2008

### 5.2.1 N Bilanzen der einzelnen Jahre unterteilt in den Fruchtfolgen 1-5

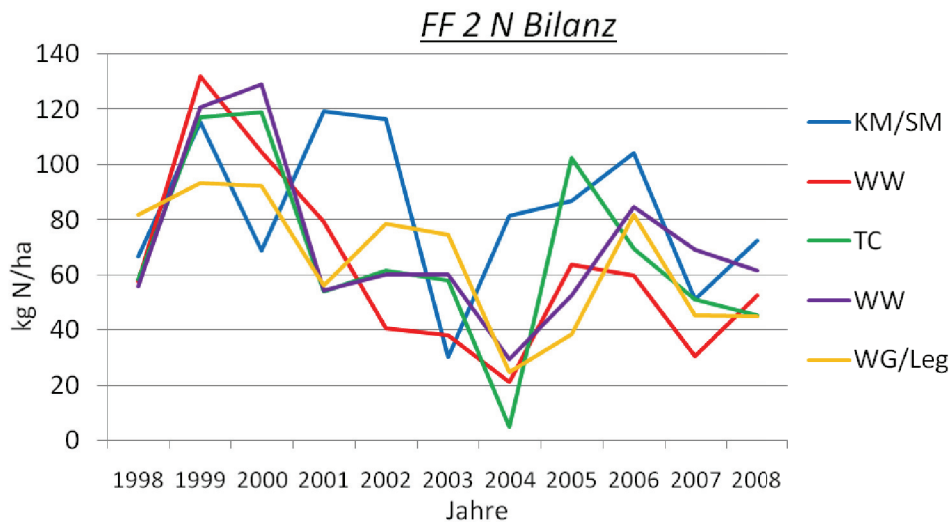
In den Folgen Abbildungen werden die Stickstoffbilanzen der Fruchtfolgen 1 – 5 über die Jahre 1998 – 2008 dargestellt. Die Versuche wurden in drei Stickstoffvarianten durchgeführt wobei in der Bilanzrechnung die höchste Intensität zur Berechnung benutzt wurde. Die Fruchtfolge 5 ist dabei nicht als eigentliche Fruchtfolge sondern als Monokulturversuch von 5 Fruchtarten an zu sehen.

Diese Darstellung beschreibt die Stickstoff Bilanz der Fruchtfolge 1. Die Fruchtfolgeglieder sind mit ihren Bilanzen über jedes Jahr aufgeschlüsselt dargestellt. Gut zu erkennen ist das der Winterroggen als 1. Fruchtfolgeglied und die Wintergerste als 5. Fruchtfolgeglied über die Jahre das Niveau halten konnten. Der Winterweizen als 4. Glied in der Fruchtfolge zeigt hier die größten Kurvenausschläge, wobei sich der Winterweizen als 2. Glied in der Fruchtfolge in abgeschwächter Form dem anpasst. Bis auf den Winterroggen ist bei allen Fruchtfolgegliedern 2004 der niedrigste Bilanzwert erreicht worden.



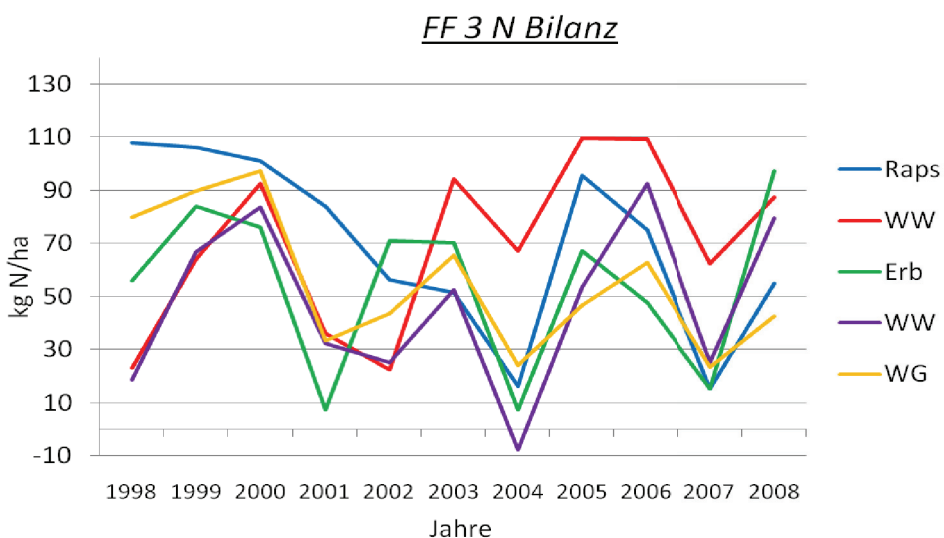
**Abbildung 3: Stickstoffbilanz aus der Fruchtfolge 1**  
Quelle: ZALF Dedelow

2003 wurde die Triticale durch den Raps im 3. Fruchfolgeglied abgelöst. Der Winterweizen als 2. Fruchfolgeglied wurde durch die Triticale abgelöst. In der Bilanzierung der Fruchfolge 2 ist zu erkennen, dass der durchschnittliche Verlauf der Kurve absinkend ist. Die beiden Winterweizen Fruchfolgeglieder ähneln sich im Kurvenverlauf. Am stabilsten zeigt sich die Wintergerste / Leguminosengemenge.



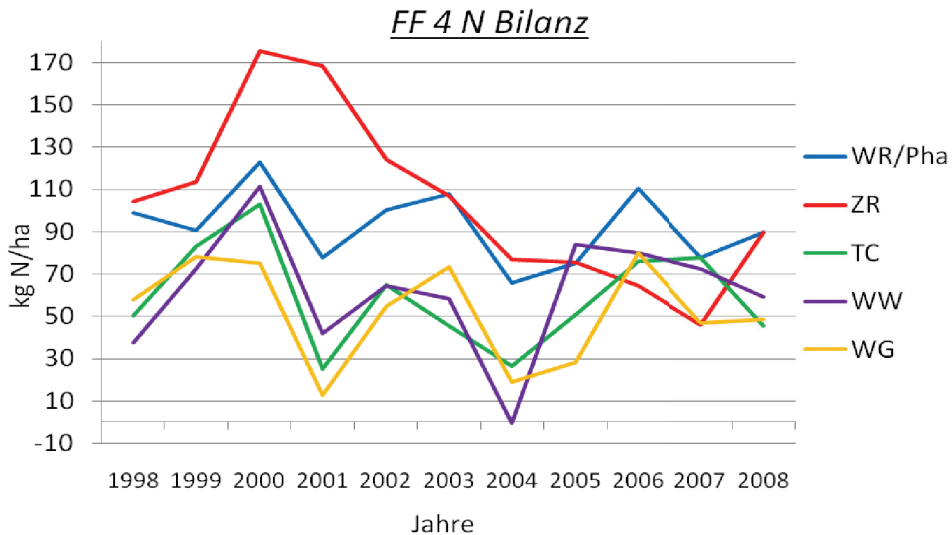
**Abbildung 4: Stickstoffbilanz aus der Fruchfolge 2**  
Quelle: eigene Zusammenstellung

In der Fruchfolge 3 ist zu erkennen, dass 2004 bei allen Fruchfolgegliedern der geringste Bilanzwert (Verlauf von 10 Jahre) erreicht worden ist, bis auf den Winterweizen nach Raps. Dieser scheint überversorgt zu sein. Der Winterweizen nach Erbsen ist 2004 negativ.



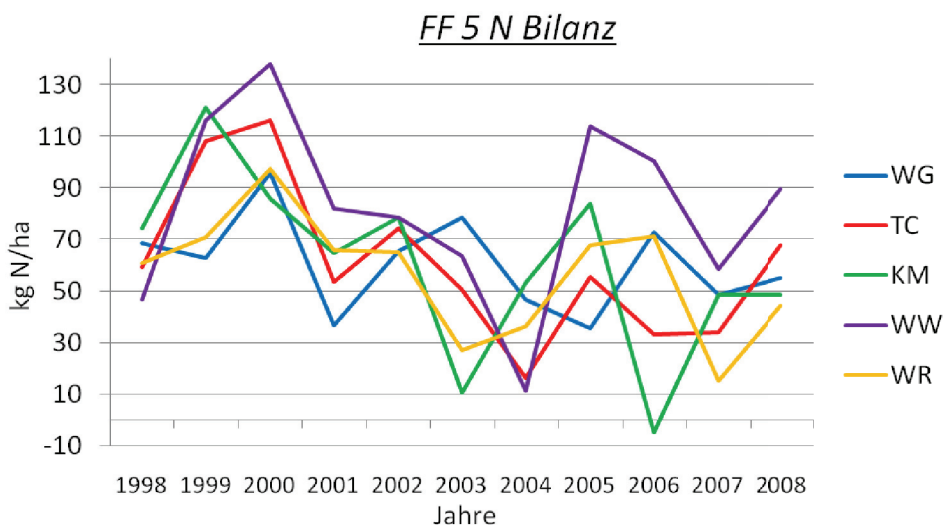
**Abbildung 5: Stickstoffbilanz aus der Fruchfolge 3**  
Quelle: eigene Zusammenstellung

In der Fruchtfolge 4 ist gut zu erkennen dass die Zuckerrübe 2000 ihren maximalen Bilanzwert erreicht. Dieser sank jedoch bis 2007 stetig bis auf ca. 50 kg N / ha. Der Winterroggen / Phacelia, welches das erste Fruchtfolgeglied in der Abbildung 6 darstellt, hat einen sehr stabilen Verlauf über 10 Jahre.



**Abbildung 6: Stickstoffbilanz aus der Fruchtfolge 4**  
Quelle: eigene Zusammenstellung

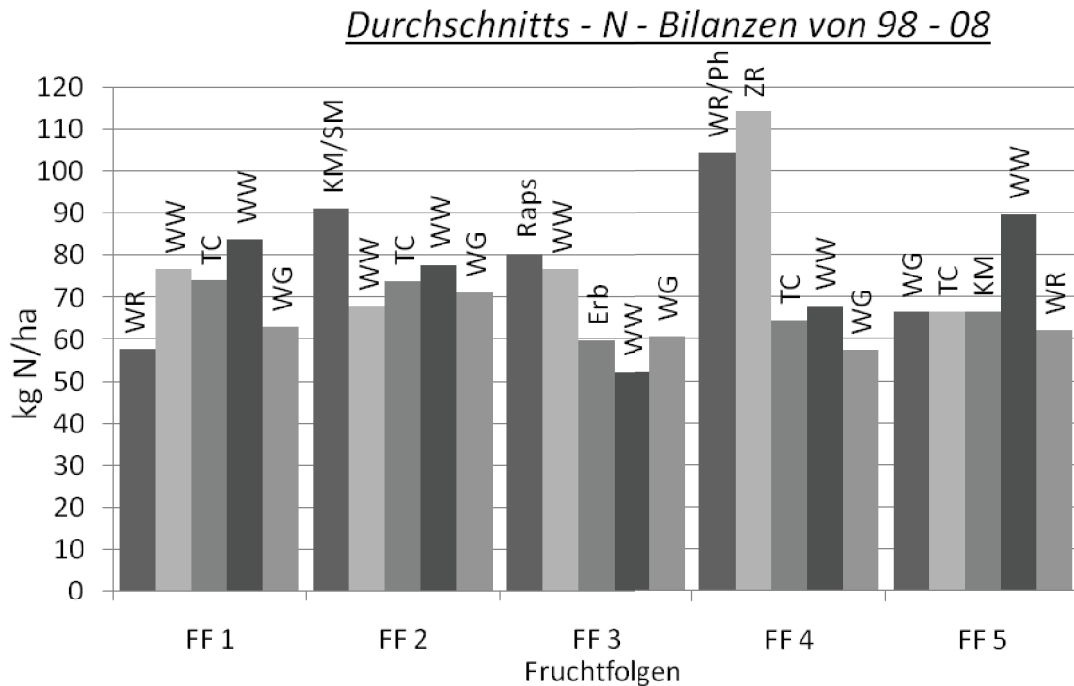
Die Abbildung 7 stellt die N - Bilanzierung eines Monokulturversuchs dar. Es ist zu erkennen dass bis auf Winterweizen tendenziell die Stickstoffmenge je ha abnimmt. Ab 2001 unterliegt der Körnermais sehr starken Schwankungen.



**Abbildung 7: Stickstoffbilanz aus der Fruchtfolge 5**  
Quelle: eigene Zusammenstellung

### 5.3 N / P / K Bilanzen zusammengefasst über 10 Jahre

In den folgenden Abbildungen werden die Stickstoff-, Phosphor-, Kali - Bilanzen im Durchschnitt über 10 Jahre dargestellt. Wobei in der Stickstoffbilanzrechnung die höchste Intensität benutzt wurde. Die Grunddüngung von Phosphor und Kali wurde alle 5 Jahre, also zu jeder Rotation, einmal vorgenommen.



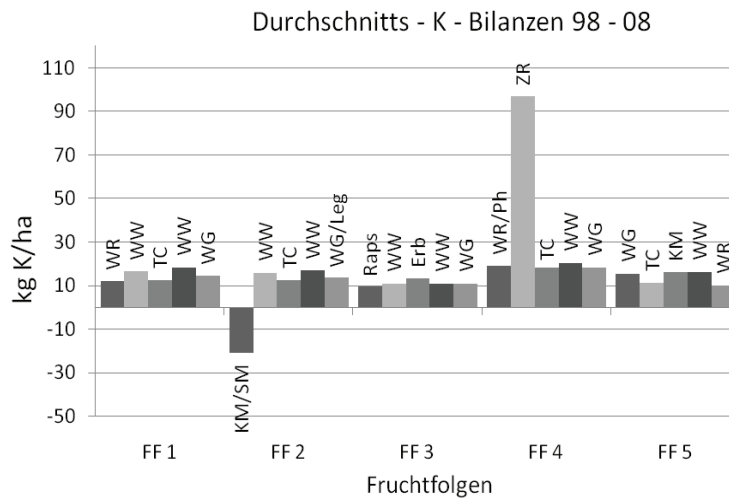
**Abbildung 8: Durchschnitts – N - Bilanzen über 10 Jahre**

Quelle: eigene Zusammenstellung

Die Abbildung 8 zeigt die Stickstoffbilanz im Durchschnitt über 10 Jahre. Es ist eine Einteilung in den einzelnen Fruchtfolgen vorgenommen worden. Die Balken beschreiben die einzelnen Fruchtfolgeglieder.

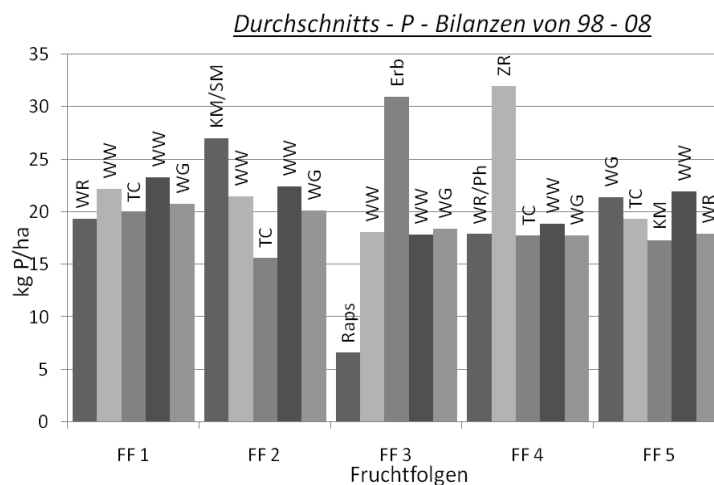
Zu erkennen ist, dass alle Fruchtfolgeglieder über Niveau von 50 kg N/ha liegen. Winterroggen / Phacelia und die Zuckerrübe in der Fruchtfolge 4 liegen in der Bilanz bei mehr als 100 kg N/ha.

Bei den Kali – Bilanzen (Abbildung 9) ist zu sehen, dass die Zuckerrübe in der Fruchtfolge 4 den Maximalwert aller Früchte erreicht hat. Einen negativen Bilanzwert erreichte der Körnermais (Umstellung zu Silomais 2001) in der Fruchtfolge 2. Beachtlich ist die Fruchtfolge 3, die mit einem Getreideanteil von 60% das geringste Niveau der Kalibilanzen als Fruchtfolge aufweist.



**Abbildung 9: Durchschnitts - Kalium - Bilanzen über 10 Jahre**  
*Quelle: eigene Zusammenstellung*

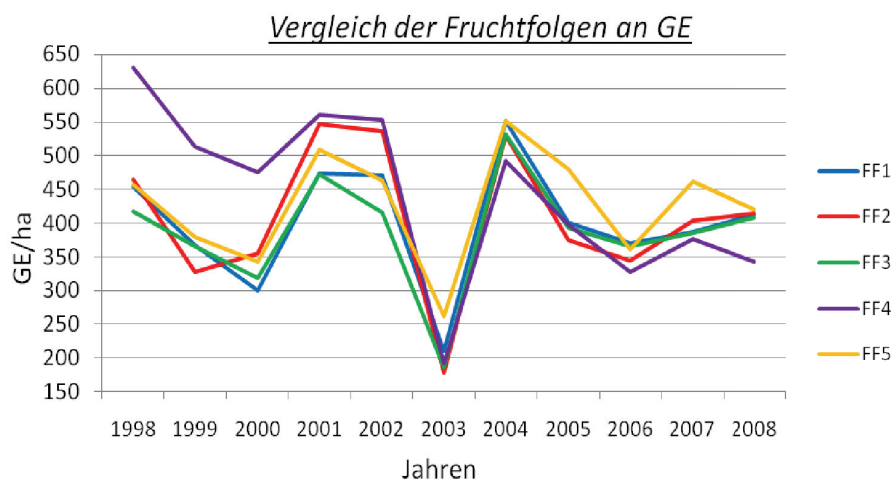
In der Phosphorbilanz (Abbildung 10) ist zu erkennen, dass die meisten Früchte einen Überschuss von rund 20 kg P / ha verursachen. Die Erbse in der Fruchtfolge 3 und die Zuckerrübe in der Fruchtfolge 4 erzeugen den höchsten Überschuss von mehr als 30 kg P/ha. Den geringsten Wert in dieser Abbildung erreicht der Raps mit 6 kg P/ha in der Fruchtfolge 3.



**Abbildung 10: Durchschnittliche Phosphorbilanzen über 10 Jahre**  
*Quelle: eigene Zusammenstellung*

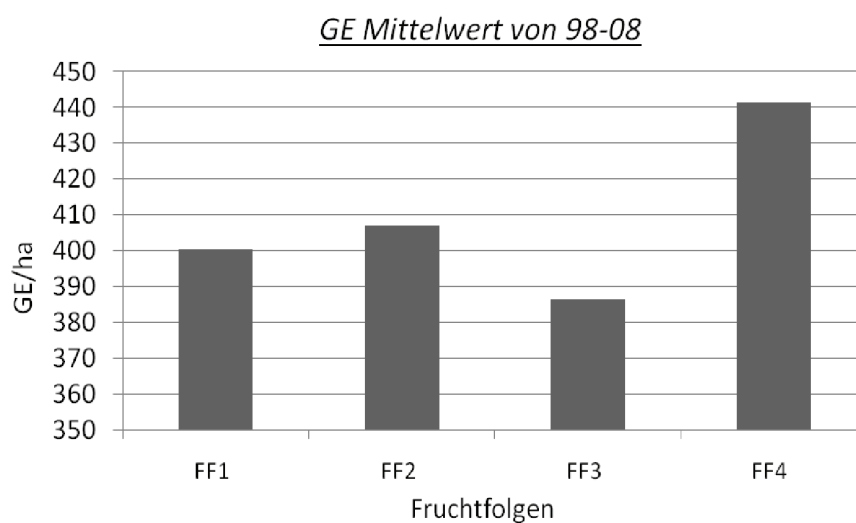
## 5.4 Leistungsvergleich der Fruchtfolgen in Getreideeinheiten (GE/ha)

Die Abbildung 11 verdeutlicht die Ertragsleistungen der Fruchtfolgen, gestaffelt in den Jahren 1998 – 2008. Gut zu erkennen ist, dass die Fruchtfolge 4 1998 – 2003 die höchste Leistung aller Fruchtfolgen erbracht hatte. 2008 ist diese Fruchtfolge jedoch am schwächsten. Alle Fruchtfolgen hatten 2003 einen extremen Leistungseinbruch.



**Abbildung 11: Vergleich der Fruchtfolgen an GE**  
Quelle: eigene Zusammenstellung

Die Abbildung 12 zeigt den Ertragsmittelwert von 10 Jahren in den Fruchtfolgen 1 – 4. Die Fruchtfolge 4 ist am ertragsreichsten hingegen ist die Fruchtfolge 3 am ertragsärmsten.



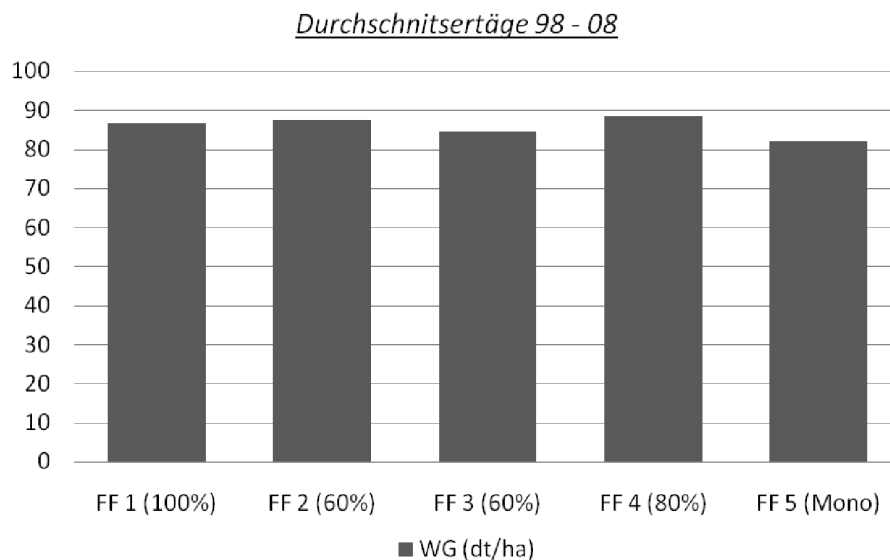
**Abbildung 12: Mittelwert von GE über 10 Jahre in der Fruchtfolgen 1 – 4 und der Monokultur**  
Quelle: eigene Zusammenstellung

## 5.5 Ertragsvergleiche

### 5.5.1 Ertragsvergleich der Wintergerste in den Fruchtfolgen 1-4 und Monokultur

Die ausgewertete Wintergerste stand in den Fruchtfolgen 1 - 4 immer als letztes Fruchtfolgeglied. Die Vorrucht war in diesen Fruchtfolgen immer Winterweizen. Die FF 5 beschreibt den Monokulturanbau der Wintergerste.

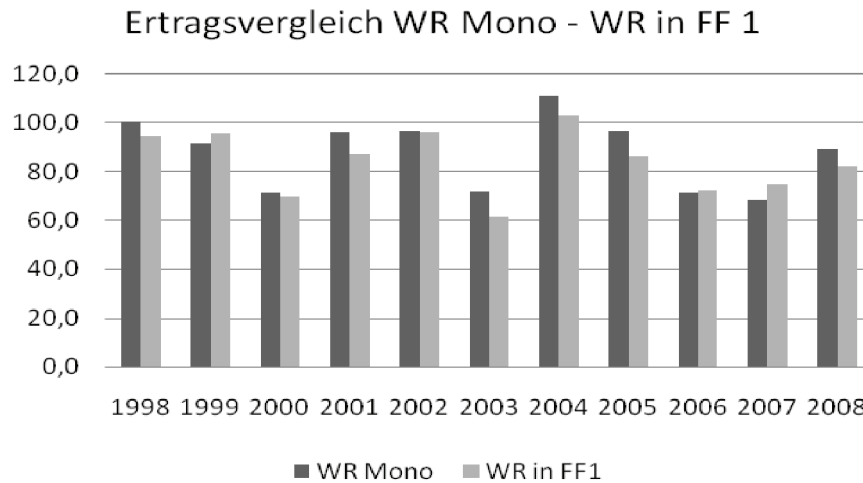
Die besten Durchschnittserträge konnten in der Fruchtfolge 4 beobachtet werden. Die Wintergerste in Monokultur hatte die geringsten Durchschnittserträge. Generell ist zu sagen, dass die Unterschiede zwischen den Durchschnittserträgen in den Fruchtfolgen relativ gering waren.



**Abbildung 13: Vergleich Durchschnittserträge von Wintergerste in den Fruchtfolgen 1 – 4 und in Monokultur**  
*Quelle: eigene Zusammenstellung*

### 5.5.2 Ertragsvergleich Winterroggen in Getreidewechsel und Winterroggen in Monokultur

Die Fruchtfolge 1 besteht aus einem Getreideanteil von 100 %. Die Durchschnittserträge zeigen, dass der Winterroggen in einer Monokultur besser ist als der Winterroggen in der Fruchtfolge 1.

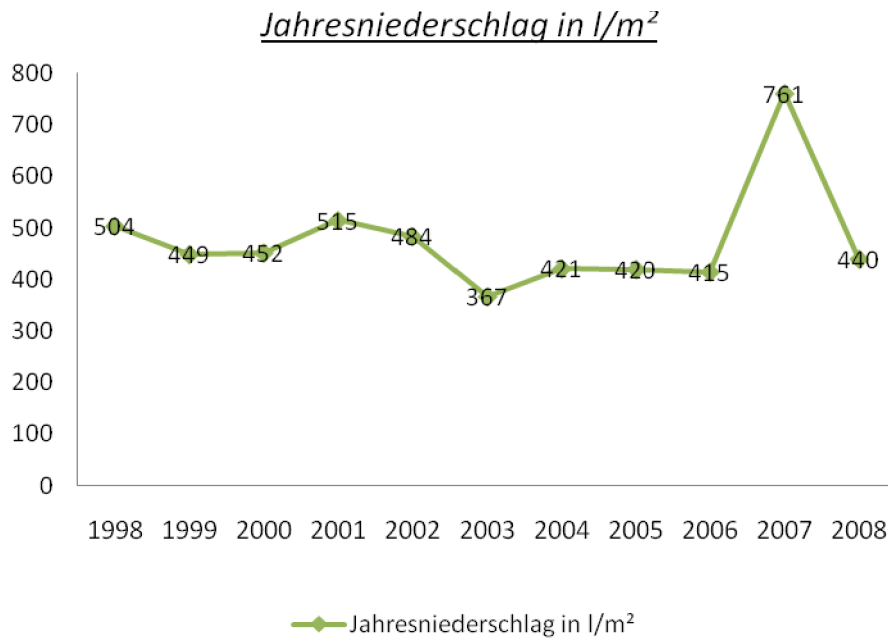


**Abbildung 14: Ertragsvergleich Winterroggen in Getreidewechsel und Winterroggen in Monokultur**  
*Quelle: eigene Zusammenstellung*



## 5.6 Niederschlagsmengen in Dedelow von 98 – 08

Diese Abbildung beschreibt die Jahresniederschlagsmenge. Das langjährige Mittel liegt bei 522 l/m<sup>2</sup>. Sehr gut zu sehen ist, dass 2003 ein Dürrejahr war. Es hat in der Region Dedelow über das Jahr 122 l/m<sup>2</sup> weniger Niederschlag gegeben als in den sonstigen Jahre.



**Abbildung 15: Jahresniederschlag von 1998 – 2008**  
Quelle: ZALF Dedelow

## 6 Diskussion / Auswertung

### 6.1 Humusbilanzierung der Fruchtfolge 1-4 in den Jahren 98 – 07

Aus den Abbildungen 1 und 2 der Humusbilanzierung geht hervor, dass eine Fruchtfolge mit einem Getreideanteil von 100% den geringsten Bilanzwert erreicht. Diese Bilanz ist ausgeglichen und positiv. Nach LÜPKE ENTRUP (2000) ist es aber nicht nur wichtig, in intensiven Fruchtfolgen die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten, sondern sie auch zu verbessern. In der Rotation 4 (Abbildung 1) hat die Fruchtfolge 4, mit einem Getreideanteil von 80%, einen höheren Bilanzwert als die Fruchtfolge 1 mit 100 % Getreideanteil. Dann in der Rotation 5 (Abbildung 2) ist der Bilanzwert der Fruchtfolge 4 noch unter dem Bilanzwert der Fruchtfolge 1 gefallen. Dies kann daran liegen, dass die Erträge der Zuckerrübe ab 2002 gesunken sind. In der Rotation 4 lagen die Durchschnittserträge bei 69 t/ha und in der Rotation 5 bei 21 t/ha. Da die Erntemenge gesunken ist, sind auch die Ernterestmengen geringer geworden und somit auch die Humuszufuhr. Dieser Ertragseinbruch der Fruchtfolge 4 ist gut in der Abbildung 11 zu erkennen. Nach OEMICHEN & LÜTKE ENTRUP (2000) gelten Blattfrüchte als humuszehrend. Getreide hingegen sichert insbesondere bei Rückführung des Strohes in die Ackerkrume eine positive Bilanz ab. In der Fruchtfolge 2 wurde 2001 der Körnermais gegen Silomais getauscht. Dadurch wurde in der gesamten Rotation 5 Silomais als erstes Fruchtfolgeglied angebaut. In der Abbildung 2 ist zu sehen, dass der Silomais einen wesentlich höheren Bilanzwert besitzt als der Körnermais. Dies basiert darauf, dass der Silomais laut Tabellenwerte das selbe Korn : Stroh Verhältnis hat, wie der Körnermais. Da durch das, bei Silomais mehr Masse geerntet wird und das Korn / Stroh Verhältnis in der Bilanzrechnung in Verhältnis zu dem Ertrag gesetzt wird, kommen solche Werte zustande. Praktisch gesehen wird bei der Silomaisernte mehr Masse von Feld weg transportiert als wie es bei der Körnermaisernte der Fall ist. Deshalb sehe ich die Bilanzierungsart als fraglich an hinsichtlich der Silomaisernterückstände und der Menge der Humuszufuhr. In den Abbildungen 1 und 2 ist sehr gut zu erkennen, dass die Zwischenfrüchte in den Fruchtfolgen 2, 3 und 4 zu einer verbesserten Humusbilanz führten. Jeweils nach dem Anbau einer Zwischenfrucht, folgte eine Sommerung. Nach OEMICHEN & LÜTKE ENTRUP (2000) fördern alle Zwischenfruchtformen die Bodenfruchtbarkeit. Durch zum Teil erhebliche Wurzelmassen und den oberirdischen Aufwuchs bei Gründung trägt die Zwischenfrucht zur Ergänzung des Nährhumushaushaltes bei. Durch den Einsatz von Körnerleguminosen kann die Humusbilanz stark aufgewertet werden. LÜTKE ENTRUP weist besonders auf die ökologischen Gesichtspunkte hin. Somit wird durch die Wurzelleistung und Garebildung die Humusbilanz verbessert und die Bodenfruchtbarkeit stabilisiert

## 6.2 Nährstoffbilanzen der Fruchtfolgen 1-5 von 1998 bis 2008

In dem Jahr 2000 wurden die Cross Compliance Regelungen beschlossen, die dann 2003 in Kraft getreten sind. Dies hatte zur Folge, dass Überschüsse in der Düngung minimiert werden mussten. In den Bilanzen durften nicht mehr als 60 kg N/ha in Überschuss sein. In der Abbildung 6 wird dies an der Fruchtfolge 4 ersichtlich. Es zeigt sich, dass ab 2000 die N Düngung der Zuckerrübe sehr stark zurück gefahren wurde. In der Abbildung 11 ist auch gut zu erkennen, dass durch diese Regelung die Leistungsfähigkeit der Fruchtfolge 4 stark zurück gegangen ist.

In den Abbildungen 3 – 7, wo die Stickstoffbilanzen der einzelnen Fruchtfolgen beschrieben werden ist zu erkennen, dass in allen Fruchtfolgen die Stickstoffbilanzen 2004 sehr stark absanken. Dies kann damit zusammen hängen, dass die Jahresniederschlagsmenge 2003 mit 122 l/m<sup>2</sup> unter den langjährigen Mittel lag. Dieser geringe Niederschlag hat bei allen Früchten in den Fruchtfolgen zu Ertragseinbrüchen geführt. Da die prognostizierten Erträge nicht geerntet werden konnten, waren somit noch Nährstoffrestmengen in Boden verfügbar. Es wurde somit 2004 weniger gedünkt und das begründet den Bilanzeinbruch. In den Stickstoffbilanzen der einzelnen Fruchtfolgen ist zu erkennen, dass die Bilanz durch Zwischenfrüchte und Leguminosen stabilisiert wird. Folglich verbessern Zwischenfrüchte den Nährstoffaufschluss für die Nachfolgefrucht. Durch den Einsatz von Leguminosen wird der Luftstickstoff gebunden und pflanzenverfügbar gemacht. Der Einsatz wirkt sich auch positiv auf die N - Mobilisierung aus.

Die Fruchtfolge 1 (100 % Getreideanteil) hat starke N-Bilanz-Schwankungen. Dies weist darauf hin, dass Fruchtfolge 1 stark von organischer und mineralischer Düngung abhängig ist. Die Fruchtfolge 1 hat im Durchschnitt über 10 Jahre eine akzeptable Bilanz. Dies kann damit zusammenhängen, dass die Berechnung und Anpassung der Düngemengen erleichtert wird. Die Fruchtfolge 3 zeigt in der Abbildung 8 die besten Bilanzwerte. Die Zusammenstellung der Fruchtfolgenglieder ist in der Fruchtfolge 3 (60% Getreideanteil) besser als bei der Fruchtfolge 2 (60% Getreideanteil). Die Fruchtfolge 2 wurde erst 2003 zu einer Fruchtfolge mit einem Getreideanteil von 60%. Dies wird in der Tabelle 3 ersichtlich.

Mais, Zuckerrübe und Raps besitzen hohe Gehalte an Kalium in der TM. Das hat zur Folge, dass bei diesen Früchten durch die Ernterestmenge Kalium wieder zurückgeführt wird.

Die hohen Ausschläge in der Kaliumbilanz von der Zuckerrübe kommen daher, dass die Ernterestmengen sehr kaliumhaltig sind und somit die Bilanzrechnung beeinflussen.

Der Körnermais, der ab 2003 Silomais wurde, zeigt eine negative Kaliumbilanz. Da Kalium

im Mais eine wichtige Rolle für die Aufrechterhaltung des Turgors und des Schließmechanismus der Spaltöffnungen hat, ist eine gute Versorgung erforderlich. Durch eine ausreichende Kaliumversorgung können erhebliche Wassereinsparungen möglich gemacht werden. Nach der Bilanz ist der Mais in der Fruchtfolge 2 mit Kalium unterversorgt. Die ausgeglichene Kaliumbilanz zeigt die Fruchtfolge 3. Die Fruchtfolge 3 kann durch ihren Wechsel von Halm- und Blattfrüchten und durch die Fruchtart der Halm- bzw. Blattfrüchten, die Kaliummenge am besten verwerten.

In der Phosphorbilanz ist zu sehen, dass die Fruchtfolge 1 mit einem Getreideanteil von 100% gleich zu setzen ist mit dem Monokulturversuch. Wie auch in der Stickstoff- und Kaliumbilanz zu sehen war, ist die Fruchtfolge 3 auch in der Phosphorbilanz, die Fruchtfolge, die am wenigsten Phosphorüberschüsse produziert. Die Erbsen in dieser Fruchtfolge haben diesen Überschuss, da sie im Gegensatz zum Getreide weniger Phosphor benötigen.

### **6.3 Leistungsvergleich der Fruchtfolgen in Getreideeinheiten (GE/ha)**

In den Abbildungen 11 und 12 wird der Punkt 6.3. bildlich dargestellt. Die Ertragsfähigkeit einer Fruchtfolge hängt stark von der Düngung wie auch von den Fruchtfolgegliedern ab. In der Fruchtfolge 3 ist zu erkennen, dass diese in den Nährstoffbilanzen sehr gut abgeschnitten hat, jedoch die schlechteste Leistung besitzt. Die Erbsen in dieser Fruchtfolge stellen für den Winterweizen eine sehr gute Vorfrucht dar. Der Winterweizen nach den Erbsen hat in diesem Fall im Durchschnitt über 10 Jahre einen Mehrertrag von 9 dt/ha erbracht im Vergleich zum Winterweizen in der Fruchtfolge 1. Dennoch ziehen die Erbsenerträge den Leistungswert der Fruchtfolge nach unten. Die Fruchtfolge 4 mit einem Getreideanteil von 80%, zeigt die höchste Leistung. Dies hängt damit zusammen, dass in dieser Fruchtfolge als Blattfrucht die Zuckerrübe eingesetzt ist und mit ihren Erträgen den Durchschnittswert stark anhebt. Die Fruchtfolge 1 ist in mittlerem Leistungsbereich anzutreffen. Da Fruchtfolgen mit einem Getreideanteil von 100% sehr anfällig gegen bodenbürtige Schaderreger wie z.B. Halmbasiserkrankungen mit den Pilz *Gaeumannomyces graminis* sind, ist zu sehen, dass die Erträge und auch die Qualität darunter gelitten haben. Bis 2003 war die Fruchtfolge 2 mit einem Getreideanteil von 80 % ausgelegt, ab 2003 wurde dann die Triticale als 3. Fruchtfolgeglied durch Raps und der Winterweizen durch Triticale ausgetauscht. Diese Veränderung zeigt sich auch in den Kurvenverlauf der Abbildung 11.

## 6.4 Ertragsvergleiche

In der Abbildung 13 ist gut zu erkennen, dass die Wintergerste in Monokultur mit 82 dt/ha, den geringsten Durchschnittsertrag über 10 Jahre besitzt. Im Gegensatz dazu besitzt die Wintergerste in einer reinen Getreidefruchtfolge einen durchschnittlichen Ertrag von 86 dt/ha. Folglich ist die Wintergerste in einer Monokultur wesentlich stärker durch bodenbürtige Schaderreger belastet, als die Wintergerste in einer reinen Getreidefruchtfolge. Daraus lässt sich schließen, dass durch einen Wechsel der Getreidearten eine Spezialisierung von Schaderreger wie z.B. Viren weniger zugelassen wird. Den höchsten Durchschnittsertrag hat die Wintergerste in der Fruchtfolge 4 mit 88 dt/ha. Mit 87 dt/ha folgte die Wintergerste der Fruchtfolge 2. In der Fruchtfolge 4 ist die Wintergerste mit einer Anbaukonzentration von 40% und in der Fruchtfolge 2 mit nur 20% enthalten.

Nach BAEUMER 1992 und KUNDLER 1989 ist eine maximale Anbaukonzentration zum Verhindern von Fruchtfolgeschäden in der Wintergerste auf günstigen Standorten bis maximal 40% möglich. Diese Aussage spiegelt sich auch in den Ergebnissen wieder. Je geringer die Anbaukonzentration ist, desto geringer müssten auch die Fruchtfolgeschäden sein. Daraus folgt, dass die Fruchtfolge 2 eigentlich einen besseren Gesundheitsstatus für die Wintergerste darstellen müsste.

Im Gegensatz zu der Wintergerste zeigt der Winterroggen in Monokultur bessere Erträge als der Winterroggen in einer Fruchtfolge mit einem Getreideanteil von 100%. In der Abbildung 14 ist zu erkennen, dass 2003 der Winterroggen in der Monokultur im Ertrag um 10 dt/ha höher lag, als der Winterroggen in der Fruchtfolge 1. Im Jahr 2007 kam es zur Umkehrung. Der Winterroggen in der Fruchtfolge 1 hatte einen höheren Ertrag als der im Monokulturanbau. Wenn man dies in Beziehung mit den Niederschlagsmengen setzt, so lässt sich vermuten, dass in Jahren mit niedrigen Niederschlag der Winterroggen in der Monokultur besseres kompensationsvermögen hat. Als Umkehrung kann der Winterroggen in Fruchtfolge 1 höhere Niederschlagsmengen vermutlich im Ertrag besser umsetzen. Nach DIPENBROCK & ELLMER/LÉON spielen bei höheren Anbaukonzentrationen im Getreide die Halmbasiserkrankungen durch Pilzbefall eine große Rolle. Aus diesem Grund zeigt der Winterroggen in Monokultur vermutlich im Jahr 2007 diese geringe Ertragsmenge.

## **7 Zusammenfassung**

Diese Arbeit beschreibt den Einfluss unterschiedlicher Getreideanteile in Fruchtfolgen auf den Ertrag, Nährstoff- und Humusbilanzen. Diese Versuche sind Feldversuche. Es wird eine Spanne von 10 Jahren betrachtet und ausgewertet. Aus diesen Untersuchungen kann man ableiten, dass Fruchtfolgen mit einem Getreideanteil von 100 % hinsichtlich der Humus-, Nährstoffbilanzen sowie Leistungseigenschaften den Fruchtfolgen mit 80 und 60% Getreideanteil unterlegen sind. Erstaunlich ist, dass der Winterroggen in einer Monokultur bessere Erträge zeigt als der Winterroggen in der Fruchtfolge 1. Nach diesen Ergebnissen schätze ich die Fruchtfolge 3 als gesündeste und die Fruchtfolge 4 als ertragsreichste Fruchtfolge ein. Der Grundsatz, dass ein Wechsel von Sommerungen und Winterrungen in einer Fruchtfolge beachtet werden muss, kommt in diesen Untersuchungen zum Tragen. Der Wechsel zwischen Halm und Blattfrüchten spielen ebenfalls eine große Rolle in der Gestaltung einer Fruchtfolge, was die Ergebnisse ebenfalls beweisen.

## 8 Literaturverzeichnis

ENTRUP, L. / OEHMICHEN, J.: Lehrbuch des Pflanzenbaues Band 1: Grundlagen. Gelsenkirchen: Th. Mann Verlag, 2000.

ENTRUP, L. / OEHMICHEN, J.: Lehrbuch des Pflanzenbaues Band 2: Kulturpflanzen (2. überarbeitete Auflage). Gelsenkirchen: Th. Mann Verlag, 2000.

SCHUBERT, S.: Pflanzenernährung: Grundlagen Bachelor. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag, 2006.

OEHMICHEN, J.: Pflanzenproduktion Band 2: Produktionstechnik. Berlin;Hamburg: Paul Parey Verlag, 1986.

DIEPENBROCK, W. / ELLMER, F. / LEON, J.: Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag, 2005.

BACHTALET, G./ DIEZ, T./ POMMER, G./ et. al.: Pflanzliche Erzeugung, 10. unbearbeitete Auflage. München: BLV Verlagsgesellschaft mbH, 1992.

## 9 Anhang

Tabelle 7: Rohdaten NPK-Bilanz im Durchschnitt über 10 Jahre

FF 1	N	P	K
Frucht 1	57,78	19,32	11,99
Frucht 2	76,76	22,13	16,48
Frucht 3	74,08	19,92	12,40
Frucht 4	83,88	23,24	18,36
Frucht 5	63,19	20,77	14,57
<b>FF 2</b>			
Frucht 1	91,13	26,97	-20,84
Frucht 2	67,95	21,44	15,85
Frucht 3	74,04	15,58	12,41
Frucht 4	77,87	22,37	16,89
Frucht 5	71,23	20,09	13,65
<b>FF 3</b>			
Frucht 1	80,51	6,59	9,55
Frucht 2	76,83	18,03	10,98
Frucht 3	59,97	30,90	13,22
Frucht 4	52,30	17,80	11,07
Frucht 5	60,81	18,35	10,93
<b>FF 4</b>			
Frucht 1	104,36	17,87	19,16
Frucht 2	114,33	31,95	96,92
Frucht 3	64,60	17,70	18,43
Frucht 4	67,89	18,82	20,29
Frucht 5	57,43	17,78	18,42
<b>FF 5</b>			
Frucht 1	66,46	21,38	15,48
Frucht 2	66,75	19,30	11,48
Frucht 3	66,54	17,29	16,15
Frucht 4	89,75	21,89	16,29
Frucht 5	62,23	17,89	10,27

Quelle: ZALF Dedelow



**Tabelle 8: Rohdaten N-Bilanzen verschiedener Fruchtfolgen über 10 Jahre**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>FF 1</b>	<b>N Bilanz</b>										
WR	51,73	46,16	89,49	67,41	55,33	40,40	46,37	18,19	66,50	48,32	53,26
WW	50,51	105,09	121,30	58,28	57,00	60,65	17,64	72,19	94,43	79,71	50,75
TC	62,16	107,15	116,56	62,78	69,03	52,55	31,11	64,22	55,99	48,32	70,98
WW	61,73	110,42	138,74	64,51	60,51	64,01	8,68	86,43	102,75	81,47	59,55
WG	56,62	83,96	68,32	31,15	48,17	81,34	22,49	38,53	92,16	55,42	53,72
<b>FF 2</b>	<b>N-Bilanz</b>										
KM/SM	66,43	115,50	68,71	119,32	116,60	30,09	81,35	86,85	104,20	50,99	72,39
WW/ TC	57,57	131,96	104,50	79,23	40,68	37,98	21,07	63,79	59,82	30,45	52,43
TC/Raps	58,19	117,08	118,83	53,84	61,65	58,01	4,83	102,17	69,48	50,99	45,34
WW	56,02	120,87	129,14	54,44	60,19	60,17	29,48	52,68	84,83	69,15	61,72
WG/Leg	81,72	93,46	92,44	56,26	78,53	74,67	24,76	38,53	81,81	45,20	44,92
<b>FF 3</b>	<b>N-Bilanz</b>										
Raps	108,00	106,17	101,02	84,11	56,16	51,36	16,31	95,53	75,22	15,12	55,01
WW	23,20	63,97	92,66	36,20	22,37	94,26	67,24	109,63	109,15	62,37	87,23
Erb	55,97	83,91	76,26	7,32	71,12	70,21	7,32	67,19	47,84	15,12	97,43
WW	18,67	66,83	83,86	32,52	25,16	52,66	-7,64	53,48	92,59	25,16	79,74
WG	79,74	89,74	97,13	33,42	43,38	65,30	24,05	46,62	62,65	23,38	42,65
<b>FF 4</b>	<b>N-Bilanz</b>										
WR/Pha	98,84	90,57	122,86	77,91	100,40	107,71	65,75	74,99	110,28	77,69	89,74
ZR	103,95	113,24	175,10	168,13	123,98	106,92	76,68	75,62	64,29	45,86	89,52
TC	50,30	82,61	102,66	24,94	64,77	45,08	26,47	50,60	75,72	77,69	45,21
WW	37,45	72,28	111,12	41,81	64,19	58,10	-0,59	83,71	79,76	72,19	58,91
WG	57,90	78,38	74,99	12,69	54,70	73,25	18,80	28,32	80,01	46,62	48,61
<b>FF 5</b>	<b>N Bilanz</b>										
WG	68,46	62,97	95,85	36,96	65,63	78,50	46,89	35,70	72,87	48,71	55,14
TC	59,34	107,97	116,00	53,28	73,99	50,47	16,25	55,42	33,28	33,99	67,47
KM	74,42	121,25	85,98	64,95	78,71	10,53	53,13	84,03	-4,79	48,71	48,45
WW	46,61	116,07	137,94	81,79	78,28	63,52	11,24	113,79	100,35	58,28	89,60
WR	60,74	70,78	97,41	65,85	65,20	27,15	36,50	67,67	71,18	15,20	44,55

Quelle: ZALF Dedelow

Tabelle 9: Niederschlagsmengen in Dedelow über 10 Jahre

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Langj. Mittel
Januar	50	19	19	19	40	22	30	32	12	63	54	36
Februar	13	23	33	22	64	3	31	23	22	34	13	28,1
März	43	29	51	27	42	13	16	15	30	42	51	35,9
April	33	55	17	35	43	11	35	10	27	1	49	31,6
Mai	30	58	16	57	34	48	44	72	43	97	8	50,7
Juni	55	61	42	63	58	36	52	21	47	249	48	73,2
Juli	62	12	78	33	40	64	78	78	29	101	33	60,8
August	57	57	36	49	46	34	38	44	104	54	40	55,9
September	38	49	81	139	31	63	18	34	25	52	47	57,7
Oktober	59	19	25	15	54	25	23	30	29	15	57	35,1
November	37	13	28	29	25	29	42	22	37	31	21	31,4
Dezember	27	54	26	27	7	19	14	39	10	22	19	26,4
Jahresniederschlag in l/m <sup>2</sup>	504	449	452	515	484	367	421	420	415	761	440	
Mittelwert	42	37,42	37,67	42,92	40,33	30,58	35,08	35	34,58	63,42	36,67	522,8








Quelle: ZALF Dedelow

Tabelle 10: Temperaturen in Dedelow über 10 Jahre

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Langj. Mittel
Januar	1,8	2	1	0,2	1,8	-1,5	-2,4	2,3	-4,7	4,4	2,5	0,74
Februar	5	-0,2	3,7	0,5	4,4	-4,5	1,7	-1	-0,8	1,5	3,9	1,42
März	3,7	4,6	4,4	2,1	4,5	3	4,2	4,2	0	6,3	3,7	4,07
April	9,1	8,7	10,1	7	7,4	7,7	8,5	8,5	8,1	9,7	7,3	9,21
Mai	13,5	12,6	14,3	13	13,9	14	11,6	11,6	12,6	14,3	13,7	14,51
Juni	16,2	15,4	16,4	13,9	16,5	17,8	14,3	14,3	17	17,4	16,4	17,56
Juli	16,2	19,4	15,5	18,6	18,4	19	16,3	16,3	21,9	17,4	18	19,7
August	15,9	17,3	16,7	18,3	20,1	18,8	18,4	18,4	16,9	17,5	17,6	19,59
September	13,5	16,3	13	12,3	14,3	14,1	13,6	13,6	16,6	12,9	12,7	15,29
Oktober	8,1	8,9	11,2	11,9	7,1	5,7	9,6	9,6	11,7	7,9	8,9	10,06
November	0,1	3,8	5,8	4	3,3	5,4	4	4	6,7	3,5	4,9	4,55
Dezember	-0,2	2,1	2,6	-0,4	-2,9	2,2	2,4	2,4	5,3	1,9	1,2	1,66
	102,9	110,9	114,7	101,4	108,8	101,7	102,2	104,2	111,3	114,7	110,8	
Mittelwert	8,575	9,242	9,558	8,45	9,067	8,475	8,517	8,683	9,275	9,558	9,233	

Quelle: ZALF Dedelow

Tabelle 11: Zuordnung Anbauplan

	<b>WG</b>		<b>TC</b>		<b>SM</b>
	<b>WW</b>		<b>Raps</b>		<b>Erbse</b>
	<b>WR</b>		<b>KM</b>		<b>ZR</b>

Quelle: ZALF Dedelow

Tabelle 12: Anbauplan 2008

