



Fachbereich: Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften
Prof. Dr. sc. agr. Bernhard Seggewiß
Dr. Dietmar Barkusky

Thema der Bachelorarbeit:

**Langfristige Wirkung einer Stickstoff-, Phosphor-, Kalium-Düngung
auf Wachstum und Ertragsparameter von Winterweizen und Winter-
roggen im Dauerfeldversuch des ZALF.**

Von:

Marcus Schulze

URN: urn: nbn: degbv:519-thesis 2015-0776-6

Neubrandenburg 06. Mai 2015

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	3
1.1	Dauerfeldversuche in der pflanzenbauwissenschaftlichen Forschung	4
1.2	Das Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.	7
2	Material und Methoden	8
2.1	Standort	8
2.2	Düngervarianten und Versuchsbeschreibungen	11
2.3	Pflanzenarten und Fruchtfolgen	13
2.3.1	Weizen	13
2.3.2	Roggen	15
2.3.3	Fruchtfolge	17
2.4	Bodenuntersuchungen Stickstoff, Phosphor und Kalium	19
2.4.1	Klassische Bodenuntersuchungen	19
2.4.2	Nährstoffbilanzierung	20
2.4.3	Ganzheitliche Bodenuntersuchungen	20
2.5	Pflanzenanalysen	21
2.6	Bonitur	23
3	Ergebnisse	25
3.1	Kohlenstoffgehalte Boden 0 bis 0,25 cm	25
3.2	Nährstoffgehalte Pflanze WW 2012 und WR 2012	26
3.3	Ertrag	28
4	Diskussion	32
5	Zusammenfassung	34
6	Literatur	35
7	Anhang	36
7.1	Sorten Liste	36
7.2	Bodenuntersuchung Detail Auswertung	37
	Eidesstattliche Erklärung	40
8	Abbildungsverzeichnis	41
9	Tabellenverzeichnis	41
10	Abkürzungen	41

1. Einleitung

In dieser wissenschaftlichen Arbeit wird ein sehr wichtiger Teil der Landwirtschaft untersucht.

Der Nutzen von Dauerfeldversuchen. Die Grundlegende Frage ist die Langfristige Wirkung einer Stickstoff-, Phosphor-, Kalium-Düngung auf das Wachstum und Ertragsparameter von Winterweizen und Winterroggen im Dauerfeldversuch des Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.

Zu Beginn werden die allgemein, bereits vorhandenen Dauerfeldversuche vorgestellt.

Es wird die Frage geklärt, was ein Dauerfeldversuch ist und aus welchen Gründen, der Mensch diese langfristigen Versuche über Jahrzehnte zu betreuen und dauerhaft nutzbar für die Nachwelt aufzubereiten. Anschließend wird der Versuchsstandort mit den genauen Umweltfaktoren und spezifischen Standortbedingungen vorgestellt.

Es folgt die Erläuterung zur Versuchsanlage und die Beschreibung der Düngervarianten. Ebenfalls wird auf die beiden Kulturen Winterweizen, Winterroggen und die Bedeutung der Fruchfolge eingegangen.

Desweitern werden in der fortlaufenden Arbeit die Möglichkeiten einer Bodenuntersuchung erklärt und welche verschiedenen Verfahren dafür Anwendung finden können.

Zusätzlich wird auf den Nutzen einer Pflanzenanalyse eingegangen. Es folgt die Erläuterung der Herangehensweise, die Durchführung und Nutzen einer Bonitur.

Schließlich werden die Ergebnisse der Bodenuntersuchung des Versuches graphisch dargestellt, wieviel Kohlenstoff befindet sich in den unterschiedlichen Parzellen anteilmäßig in den oberen Bodenschichten. Darauf folgt eine Nährstoffanalyse beider Kulturen vom Haupt- und Nebenprodukt exemplarisch für jeweils ein Jahr. Zum Schluss werden die Erträge über die Versuchsjahre Graphisch dargestellt.

1.1 Dauerfeldversuche in der pflanzenbauwissenschaftlichen Forschung

Definition:

Als Dauerfeldversuche werden Freiland-Parzellen-Experimente bezeichnet, die statisch angelegte sind und mehr als 20 Jahre unverändert betrieben werden.

Durch die grundlegenden Erkenntnisse von Carl Sprengel und Justus v. Liebig Entstand die These über die Mineralstoffernährung der Pflanze, die es zu überprüfen galt.

Ab dem Jahre 1840 legten der englische Landwirt John Bennet Lawes und sein Mitarbeiter Joseph Herry Gilbert auf dem Gut Rothamsted die ersten eigentlichen Feldversuche an. Sie untersuchten den Einfluss von Düngemitteln auf das Pflanzenwachstum.

Der im Jahre 1843 von beiden auf dem Broadbalk-Field der Farm eingerichtete Düngerversuche existiert bis heute und ist einer der ältesten Dauerfeldversuche der Welt.

1852 schlug die Geburtsstunde des Feldversuchswesens in Deutschland durch die Eröffnung der erste landwirtschaftswissenschaftliche Versuchsstation in Möckern bei Leipzig eröffnet. Im Zusammenarbeit mit landwirtschaftlichen Fakultäten wurden Feldversuche auch fester Bestandteil der universitären Forschung und Lehre. Zuerst hat sich Julius Kühn in

Halle/Salle darum verdient gemacht. 15 Jahre nach Gründung der landwirtschaftlichen

Fakultät an der Universität Halle/ Wittenberg legte er im Jahre 1878 einen

Düngerversuch mit Roggenmonokultur an, um die Nährstoffersatzwirkung von Stallmist

im Vergleich zu verschiedenen Mineraldüngemittel zu klären. Durch diesen

Dauerfeldversuch konnten zahlreiche Erkenntnisse für die Entwicklung der

Pflanzenernährung die Düngerlehre und die Belastung von Agrarökosystemen im

Zusammenhang mit der Bodenfruchtbarkeit und dem eigentlichen Nutzen der Düngung.

Im 19. Jahrhunderts gingen von Halle weitere Impulse aus, als sich der

Professor für Agrikulturchemie Max Maercker energisch um die praktische Anwendung der Mineral-düngung insbesondere der Kalidüngung, bemühte.

Durch seinen Einsatz wurden auch weitere Böden für Versuchsanlagen bereitet zum Beispiel der statistische Düngerversuch in der Versuchswirtschaft Bad Lauchstädt.

Anfang der zwanziger Jahre setzt ein markanter Aufschwung der pflanzenbauwissenschaftlichen Forschung ein, durch die Entwicklung des Feldversuchswesens durch Professor Kurt Opitz.

Nach seiner wissenschaftlichen Ausbildung an der Universität Breslau war er mehr als ein Jahrzehnt an der Landwirtschaftskammer der Provinz Schlesien tätig. Als Leiter der Ackerbau- und Saatzuchtabteilung setzte er sich für die Anlage von Feldversuchen zur Gewinnung wissenschaftlicher Erkenntnisse ein.

Mit diesen Erfahrungen begründete er in Berlin und im Umland zahlreiche Feldversuche zu den spezifischen Fragen der Sandbodenbewirtschaftung.

Der von ihm im Jahre 1923 in Berlin-Dahlem als erster einer Reihe von Feldversuchen angelegter statischer Versuche Bodennutzung, ist heute das älteste derartige Experiment auf Sandböden in Deutschland.

In all diesen Jahren konnten umfangreiche Untersuchungsergebnisse über den Einfluss der Bodenbearbeitungstiefe, der Phosphor- und Kalkdüngung, der Wirkung des Stallmistes und des Getreideanteils in der Fruchtfolge auf die Fruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit, des Sandbodens nachgewiesen werden.

Wichtig sind die Erkenntnisse über die Auswirkungen von Schadstoffeinträgen im Agrarökosystemen, welche hier analysiert wurden.

Diese exemplarisch genannten Experimente gehören mit einer Versuchsgeschichte von mindestens 50 Jahren, zu den weltweit längsten Versuchen.

In Tabelle eins sehen wir eine Auflistung der wichtigsten Dauerfeldversuche der Welt.

Tabelle 1 Die ältesten Dauerfeldversuche der Welt

Ort	Land	Beginn	Bezeichnung
1. Rothamstedt	Großbritannien	1843	Broadbalk und Barnfield
2. Grignon	Frankreich	1875	Deherain
3. Illinois	USA	1876	Morrow plots
4. Halle	Deutschland	1879	Ewiger Roggenbau
5. Columbia	USA	1888	Sanborn fields, Soil-Water Research
6. Dakota	USA	1892	Spring Wheat (Weizenmonokultur)
7. Askov	Dänemark	1894	Sandmarken und Lemarken
8. Auburn	USA	1896	Old Rotation
9. Bad Lauchstädt	Deutschland	1902	Statischer Düngungsversuch
10. Dikopshof	Deutschland	1906	Dauerdüngungsversuch
11. Saskatchewan	Canada	1911	Rotation „C“
12. Moskau	Rußland	1912	Dauerdüngungsversuch
13. Skieriewice	Polen	1921	Dauerdüngungsversuch
14. Freising	Deutschland	1922	N-Formen und Stalldungversuch
15. Berlin-Dahlem	Deutschland	1923	Statischer Feldversuch Bodennutzung
16. Thyrow	Deutschland	1937	Statischer Nährstoffmangelversuch
17. Thyrow	Deutschland	1938	Statischer Bodenfruchtbarkeitsversuch

In den vergangen Jahren waren derartige Feldexperimente eine ganz wesentliche Forschungsbasis der Pflanzenbauwissenschaften. Sie bilden die Grundlage für den Erkenntnisfortschritt in den Grundlagendisziplinen und angewandten Disziplinen. Das aktuelle erreichte Leistungsvermögen in der Pflanzenproduktion ist in großen Teilen auf wissenschaftliche Erkenntnisse solcher langfristigen Versuchsanstellungen begründet.

Aus aktueller Sicht ist der Verdienst der Dauerfeldversuche mit Aufmerksamkeit zu beachten. Die fortschreitende Erkenntnis, dass nachhaltige Entwicklung einen dauerhaften Erhalt der Böden für die Lebensgrundlage des Menschen voraussetzt, wirft Punkte auf, die Gegenstand wissenschaftlicher Forschung sein sollten.

1.2 Das Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.

Der satzungsgemäße Auftrag des ZALF besteht in der wissenschaftlichen Erforschung von Ökosystemen in Agrarlandschaften und der Entwicklung ökologisch und ökonomisch vertretbarer Landnutzungssysteme¹.

Das ZALF richtet sich bei der Landschaftsforschung nach dem Bedarf der Gesellschaft, rückt diese in den Vordergrund und analysiert, ob und inwieweit diese über nachhaltige Landschaftsnutzung (Landschaftsfunktionen) erfüllt werden können.

Deshalb geht das ZALF weitere Wege in Richtung Nachhaltigkeitsforschung und nimmt somit großen Anteil an der nationale wie internationale Forschung.

Kernthemen des ZALF sind:

Landscape Functioning – Wie funktionieren Landschaften und welche Ökosystemleistungen werden wie bereitgestellt? Grundständig werden zunächst die Prozesse untersucht, die in der Landschaft ablaufen und über die die Landschaftsfunktionen zu definieren sind.

Landscape Change – Wie verändern sich Landschaften und welche Rückwirkungen hat dies auf die Bereitstellung von Ökosystemleistungen? Das ZALF untersucht den ständigen Wandel der Landschaft, insbesondere die fortwährenden Landnutzungsänderungen, und entwickelt adäquate Landnutzungskonzepte.

Landscape Conflicts and Management – Zu welchen Konflikten führen die veränderten Ansprüche an die Nutzung von Landschaften zusammen mit dem Landschaftswandel und wie kann man die Landschaftsnutzung so managen, dass Konflikte vermieden oder minimiert werden? Dies erfordert, die unterschiedlichen Interessens- und Entscheidungskonflikte zu analysieren und Managementansätze zur Lösung der Konflikte aufzuzeigen.

¹ Satzung des Vereins "Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung"

2 Material und Methoden

Im zweiten Teil wird das Thema genau beleuchtet, es werden die Zusammenhänge zwischen den Standorten des Versuches erläutert. Dann werden die verschiedenen Düngervarianten und die Fruchfolge mit den beiden exzerpierten Kulturen aufgeschlüsselt. Inhaltlich wird auch noch auf den Ertrag, die Pflanzenanalysen und die Bodenuntersuchungen eingegangen. Anschließend wird die Nützlichkeit und Vorgehensweise einer Bonitur beschrieben.

2.1 Standort

Bei dem Versuchsstandort zeigt sich eine deutliche Differenzierung. Großräumig wechseln Moränenplatten und Niederungen mit ihren überwiegend glazigenen (eiszeitlichen) Sedimenten oder deren Umlagerungsprodukten. Flächig dominieren damit Böden aus Sandige und Lehmsanden, die vor allem durch Eisvorstöße des Brandenburger und Pommerschen Stadiums der Weichselkaltzeit abgelagert wurden. Die Dauerfeldversuche sind jedoch Teilflächen der jeweiligen Versuchsstationen, es wurden hierfür möglichst homogene Bodenverhältnisse ausgewählt. Klimatologisch wird dem Standort das feucht-temperierte Klima von Westeuropa zugeordnet. Darunter ist ein warmgemäßigt Regenklima zu verstehen, dessen kältester Monat eine Mitteltemperatur zwischen -3 und 18 °C aufweist. Der wärmste Monat übersteigt die Mitteltemperatur von 10 °C. Der Index „f“ steht für mehr oder weniger ganzjährige Niederschläge mit geringen Schwankungen im Jahresverlauf. Der Index „b“ charakterisiert die Temperaturverhältnisse. Dieser besagt, dass die mittlere Temperatur des wärmsten Monats den Wert von 22 °C nicht überschreitet, aber noch mindestens vier Monate im Jahr eine Monatsmitteltemperatur von mehr als 10 °C erreicht wird.

Tabelle 2 Lufttemperatur

Monat	30jähr. MW 1971-2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Jan	-0,3	0,3	1,5	-1,0	-2,0	2,6	-4,7	5,0	3,2	-2,8	-5,9	0,8	1,4	-0,6	-0,1
Feb	0,4	1,4	4,8	-2,4	2,3	-1,0	-0,6	2,6	4,6	0,2	-0,8	-1,1	-2,6	-0,2	4,3
März	3,9	2,6	4,9	3,8	4,8	2,6	0,9	6,8	4,4	4,8	4,3	4,1	6,8	-1,6	6,8
Apr	7,9	7,7	8,1	8,3	9,4	9,2	8,7	10,9	8,4	12,3	12,2	11,6	8,9	8,5	10,9
Mai	13,3	14,6	15,1	15,1	12,4	13,2	13,5	15,1	14,5	13,4	11,0	14,3	14,9	13,9	13,0
Juni	16,2	14,6	17,1	18,8	15,4	16,1	17,8	18,6	18,1	15,0	16,8	17,9	15,9	16,9	16,2
Juli	18,2	19,6	19,1	19,4	17,4	18,8	23,2	18,0	19,2	18,8	21,5	17,3	18,9	19,9	21,0
Aug	17,8	19,2	20,3	19,4	19,2	16,4	17,1	17,8	18,3	19,0	18,0	18,1	18,1	18,4	16,9
Sept	13,6	12,5	14,1	14,4	14,1	15,2	17,6	13,2	13,2	14,9	12,7	15,1	14,3	12,8	15,3
Okt	8,8	12,4	7,8	5,7	9,9	10,7	11,8	8,2	9,4	7,5	7,3	9,5	8,8	10,8	11,6
Nov	3,9	3,8	3,7	5,6	4,3	4,2	7,1	3,5	5,4	6,8	4,6	3,4	5,1	5,1	6,3
Dez	1,1	-0,4	-2,6	2,2	1,9	0,7	5,3	2,0	1,4	-0,5	-5,4	4,2	-0,1	3,8	2,2
Mittelwert:	8,8	9,0	9,5	9,1	9,1	9,1	9,8	10,1	10,0	9,1	8,0	9,6	9,2	9,0	10,4

Der Standort Müncheberg auf ca. 62 m ü. NN weist eine mittlere Jahreslufttemperatur von 8,6 °C auf. Der Juli ist der wärmste und der Januar

Der kälteste Monat. Im Januar beginnt das Jahr im Mittel sogar mit negativen Temperaturen -0,5 °C. Die Lufttemperatur steigt bis zum Juli auf 18,0 °C an. Der Februar ist der trockenste Monat mit 28,3 mm Niederschlag im Mittel und der Juni ist mit 63,4 mm der Monat mit den höchsten Niederschlagsmengen.

Tabelle 3 Niederschlag

Monat	30jähr. MN 1971-2000		ZALF Müncheberg												2014										
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013		
Jan	39,0	23	41	53	82	54	2	4	64	29	44	31	37	44	47	34	11	105	92	13	13	25	63	38	
Feb	30,3	18	40	42	12	61	23	62	21	45	44	19	76	4	31	37	23	46	19	29	13	33	27	23	
März	38,2	26	100	15	92	46	13	23	62	48	80	39	48	19	20	12	32	54	69	39	33	18	21	16	
Apr	35,2	31	35	19	46	39	12	40	51	46	22	37	59	19	25	10	43	1	92	8	23	12	27	23	
Mai	51,9	47	35	41	89	60	110	51	51	39	10	40	61	34	42	85	46	111	4	102	86	23	45	88	
Juni	63,8	66	17	91	36	92	81	56	72	50	20	45	36	50	59	44	18	50	24	76	5	55	69	77	
Juli	53,1	48	35	88	45	21	97	130	62	34	31	43	67	95	116	127	25	108	39	95	129	231	105	41	
Aug	53,0	41	58	37	101	57	32	62	62	25	47	37	165	43	36	61	73	92	66	25	207	49	44	49	
Sept	42,1	12	12	67	70	45	42	23	43	15	67	126	55	47	41	33	19	72	55	38	81	89	24	41	
Okt	36,3	23	34	21	24	11	42	35	97	19	23	39	89	37	21	37	26	6	63	79	26	28	22	43	
Nov	41,1	57	62	38	43	34	28	9	45	26	24	25	59,4	26	63	18	32	45	26	117	105	1	56	47	
Dez	51,7	48	46	105	57	29	13	54	42	66	37	21	10	36	30	49	25	31	31	42	26	60	20	27	
Summe:	536	440	514	614	696	548	494	548	671	441	446	502	701	452	531	549	371	721	579	663	745	624	522	511	557

2.2 Düngervarianten und Versuchsbeschreibungen

Der Nährstoffsteigerungsversuch: Wir sehen die genauen Düngemittelanwendungen, die bei dem Nährstoffsteigerungsversuch in jeder einzelnen Parzelle durchgeführt wurden.

Eine Parzelle hat die Maße sechs Meter mal fünf Meter.

Das sind dann insgesamt 168 Parzellen auf 5712 m² mit unterschiedlichen Düngergaben.

Der Versuch beinhaltet insgesamt acht Wiederholungen. Es handelt sich hierbei um einen einfaktorielle Blockanlage (A-R)-Bi, vollständig randomisiert und ohne Landwechsel.

Die mineralische Stickstoff-Düngung (N) erfolgte in Form von Kalkammonsalpeter (KAS).

Stalldung wurde zu Zuckerrüben, Kartoffeln und Mais ausgebracht. Nach Getreide wurde den Varianten entsprechend Stroh gedüngt.

Die Phosphor- und Kaliumdüngung wurde bis 1993 analog den N-Düngungsstufen gesteigert (Abbildung eins) und ab 1994 einheitlich über alle Düngungsvarianten in Höhe des mittleren Entzugs der Feldfrüchte vorgenommen.

Verwendet wurden Superphosphat, Kamex, Kali 60, Re-Ka-Phos und Thomasphosphatkali.

Die Nullvariante erhielt keine Grunddüngung, ausgenommen in den Jahren 1977 bis 1982.

Gekalkt wurde auf der gesamten Versuchsfläche einheitlich nach Bedarf.

Des Weiteren wurde jährlich zur Hauptfrucht 20 bis 25 cm, in Einzeljahren vor den Zuckerrüben bis 30 cm tief gepflügt. Die Aussaat und die Bestandsführung erfolgten einheitlich nach guter fachlicher Praxis.

Grundsätzlich wir aus der Abbildung eins ersichtlich, genau in welcher Höhe und in was für einem Muster die Versuchsfläche angelegt worden ist. Der Standort jeder einzelnen Parzellen, ist über die gesamte Versuchsdauer gleich geblieben.

Versuch 140/00_2014

Fruchfolge:

1994 Winterweizen
 1995 Silomais
 1996 Winterroggen
 1997 Oaten
 1998 Winterroggen
 1999 Kartoffeln
 2000 Sommergerste
 2001 Erbsen
 2002 Winterweizen
 2003 Silomais
 2004 Winterroggen (H)
 2005 Oaten
 2006 Winterroggen (P)
 2007 Kartoffeln
 2008 Sommergerste
 2009 Erbsen
 2010 Winterweizen
 2011 Silomais
 2012 Winterroggen (H)
 2013 Oaten
 2014 Winterroggen (H)

Aufteilung der Anlageparzelle



Düngungsstrategie für Winterroggen 2014

PG-Nr.	mineralische N-Düngung KAS (kg/ha)	Staldung (dt/ha TM)	Stroh (dt/ha TM)
0	0	0	0
1.1	35	0	0
1.2	70	0	0
1.3	105*	0	0
1.4	140*	0	0
1.5	175*	0	0
2.1	35	0	0
2.2	70	0	0
2.3	105*	0	0
2.4	140*	0	0
2.5	175*	0	0
3.1	0	0	0
3.2	35	0	0
3.3	70	0	0
3.4	105*	0	0
3.5	140*	0	0
4.1	35	0	0
4.2	70	0	0
4.3	105*	0	0
4.4	140*	0	0
4.5	175*	0	0

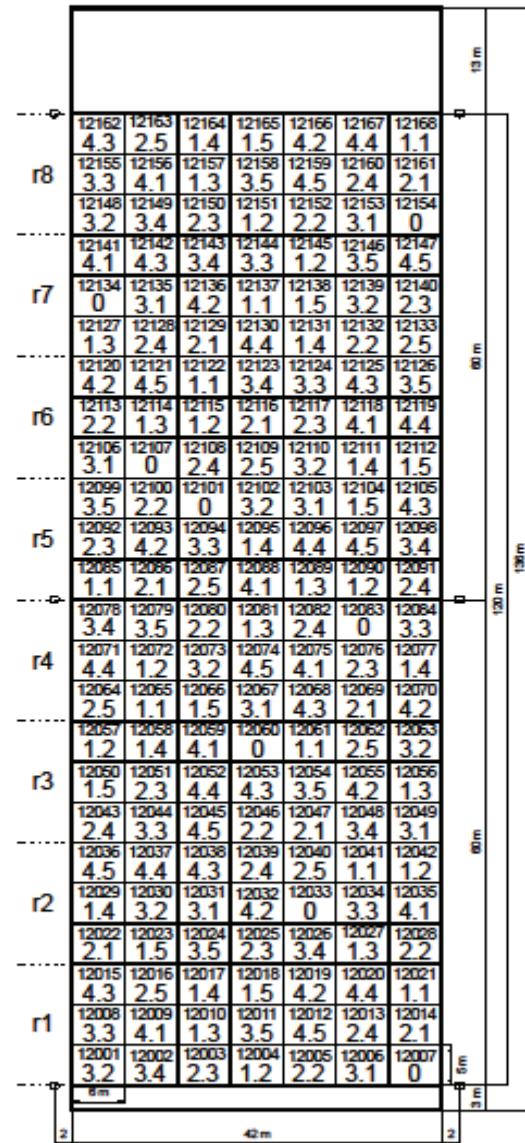
* Gabierung

mineralische Grunddüngung
einheitlich (außer 0. Parzellen)
mit PYK-Dünger 10/25/2+5

Reinährstoff	kg/ha
P	13
K	62,5
Mg	3,6
S	15

Kalkung bei Bedarf

Anlagemethode: zweifaktorielle Blockanlage (AxB)-R
 Anzahl der Wiederholungen: 8
 Anzahl der Teilstücke: 168
 Größe des Gesamtversuchs: 5712 m²



Datum der letzten Änderung: 13.02.2014

Abbildung 1 Versuchsplan 140/00_2014

2.3 Pflanzenarten und Fruchtfolgen

2.3.1 Weizen

Weizen ist ein einjähriges, meist unbegranntes Ährengras. Die aufrechte Ährenspindel ist zweizeilig alternierend. Und mit 3-6 Blüten tragenden Ährchen besetzt. Dabei entwickeln sich in der Regel jeweils nur aus 3 der Blüten Körner (Karyopsen). Die Körner sind länglich und eiförmig. Auf der Rückseite sind sie von einer Längsfurche durchzogen und tragen am oberen Ende einen kleinen Haarschopf. Die Befruchtung erfolgt hauptsächlich durch Selbstbestäubung. Allen heutigen Weizenarten gemein ist eine stabile Ährchengabel (Rhachis), die verhindert, dass die Körner nach der Reife aus der Ähre brechen. Weizen ist anspruchsvoll und benötigt schwere, nährstoffreiche Böden aus Lehm oder Schwarzerde mit einer hohen Wasserkapazität. Weizen zählt zu den Intensivwurzern. Die Wurzeln können bis zu einem Meter tief in den Boden reichen.

Weizen zählt zu den ältesten Kulturpflanzen der Menschheit und wurde bereits vor 8.000-10.000 Jahren in seiner Wildform gesammelt und angebaut. Der Weizen ist nach der Gerste die am längsten kultivierte Getreideart.

Durch gezielten Anbau und die wiederholte Einkreuzung von Wildgrasarten erfolgte schon frühzeitig eine Selektion nach vorteilhaften Eigenschaften. Am Genom des Weizens war nachweislich eine Vielzahl von Wildgräsern beteiligt. Die heute bekannten Wild- und Kulturarten lassen sich anhand ihrer Chromosomenverhältnisse systematisch zuordnen:

Von den bespelzten Formen tragen Einkorn (*T. monococcum*, diploid $2n = 14$) und Emmer (*T. dicoccum*, tetraploid, $2n = 28$) heute keine wirtschaftliche Bedeutung. Dagegen wird Dinkel (*T. spelta*, hexaploid, $2n = 42$) heute wieder in Süddeutschland angebaut. Die Ernte des Dinkels erfolgt im milchreifen Zustand (50 % Wassergehalt der Körner). Durch Dören und Schälen der Getreidekörner wird aus Dinkel der Grünkern erzeugt. Der Hartweizen

(*T. durum*, tetraploid, $2n = 28$) ist begrannt und wärmeliebend und wird vor allem als Sommerweizen im Mittelmeergebiet und in Vorderasien kultiviert. Seine Verarbeitung ergibt einen wenig elastischen Teig, aus dem hauptsächlich Nudelprodukte hergestellt werden. Weichweizen, Saatweizen oder Brotweizen (*T. aestivum*, hexaploid, $2n = 42$) steht mit seinen zahlreichen, meist unbegrannnten Formen im Vordergrund des weltweiten Weizenanbaus (90 % vom gesamten Anbau). Die Kultivierung erfolgt in allen gemäßigten Zonen, selten in subtropischen Gebieten.

Weizen besitzt ein sehr großes polyploides und sehr komplexes Genom, was die Wissenschaft bisher vor große Herausforderungen gestellt hat. Ende 2012 wurde das 17.000 Gbp hexaploide Genom des Weizens veröffentlicht. Es ist das größte Genom (fünfmal größer als das menschliche Genom), das bisher vollständig sequenziert wurde. Gezeigt werden konnte, dass das hybride Weizengenom eine Kombination von drei verschiedenen Gräsern darstellt. Jedes der ursprünglichen Genome trägt mit sieben diploiden Chromosomen zum Genom des Weizens bei.

Weiterhin scheint das Weizengenom im Laufe seiner Evolution einzelne Gene verloren zu haben, ohne dass man den genauen Grund und Zeitpunkt hierfür bisher kennt.

Weizen besteht zu 70 % aus Stärke und zu 10-14 % aus Proteinen. Der hohe Klebergehalt (Gliadin und Glutenin; Gluten/Klebereiweiß) verleiht dem Weizen seine besonderen Backeigenschaften. Man unterscheidet drei Stufen der Kleberqualität. Der Kleber sorgt dafür, dass der Teig das entstehende Kohlendioxid hält, der Teig aufgehen kann und das fertige Brot seine Form behält. Allerdings bewirkt Gluten bei manchen Menschen eine Überempfindlichkeitsreaktion (Zöliakie).

Der Ausmahlungsgrad des Mehls bestimmt den Aschen- und Vitamingehalt, der durch die Typenzahl (mg Asche pro 100 g in wasserfreiem Mehl) gekennzeichnet wird. Je höher die Typenzahl ist, umso dunkler ist das Mehl und umso wertvoller die

ernährungsphysiologischen Eigenschaften.

Die Heimat der Vorfahren des Weizens liegt im eurasischen Gebiet, vermutlich im Norden der arabischen Halbinsel, sowie im Irak, Iran, Syrien und Saudi-Arabien. Weizen kam vermutlich während der Jungsteinzeit vor etwa 7.000 Jahren nach Europa, zunächst in den Mittelmeerraum, wo er in der Antike von den Römern angebaut wurde. Erst im 11. Jahrhundert konnte sich Weizen auch in Mitteleuropa durchsetzen. Weizen nimmt heute weltweit von allen Getreidearten die größte Anbaufläche ein und erzielt die höchsten Produktionsmengen. Der Anteil des Brotweizens am weltweiten Kalorienkonsum liegt bei 20 %.

Die Aussaat des Winterweizens erfolgt in Mitteleuropa im Oktober. Er kann Temperaturen bis -22°C ertragen. In Regionen mit tieferen Temperaturen wird ausschließlich Sommerweizen angebaut, dessen Aussaat im Frühjahr erfolgt. Der Anteil des Sommerweizens (*T. durum*) am gesamten Weizenanbau liegt bei 10%, der des Brotweizens (*T. aestivum*) bei 90 %.

2.3.2 Roggen

Roggen ist besonders im nördlichen Europa eine wichtige Nahrungspflanze, obwohl die Anbauflächen und Produktionsmengen anderer Getreide weltweit deutlich höher sind.

Das Ährengras kann eine Höhe von 2 m erreichen. Die 8-16 cm langen, vierkantigen Ähren tragen zwei blutige Ährchen. Die Deckspelzen sind lang begrannt. Dann die, Blätter, Ährchen und Getreidekörner sind blau-grün gefärbt. Roggenkörner sind Spelzen frei, im Querschnitt dreieckig und besitzen eine tiefe Längsfurche.

Es gibt sowohl Sommer- als auch Winterformen, wobei nur der Winterform eine große wirtschaftliche Bedeutung zukommt. Geringes Wärmebedürfnis, hohe Windfestigkeit und

bescheidene Ansprüche an den Boden erlauben den Roggenanbau im hohen Norden und in Bergregionen, wo Weizen nicht wachsen kann. Allerdings schwanken beim Roggen die Erträge in Abhängigkeit der Bedingungen stärker als bei allen anderen Getreiden.

Die Aussaat des Winterroggens erfolgt Ende September. Es bilden sich zunächst 2-3 Blätter.

Die winterliche Kälte stimuliert die Blütenbildung. Die Bestäubung erfolgt durch Wind.

Die Gattungshybride *Triticale* ist eine Kreuzung aus Weizen (*Triticum aestivum*) als weiblicher und Roggen (*Secale cereale*) als männlicher Partner. Die Kreuzungsnachkommen vereinen die Eigenschaften beider Elternteile: die gute Backfähigkeit stammt vom Weizen, die hohen Erträge, das kurze Stroh und die geringen Ansprüche an Klima und Bodenqualität vom Roggen.

Aus der Bronzezeit stammen die ersten Funde von Roggenkörnern. Roggen wurde bereits 1000 v. Chr. kultiviert und gilt als sekundäre Kulturpflanze. Das früheste und dauerhafteste Areal des Roggenanbaus hat sich östlich der Elbe, bei Mecklenburg, Pommern und Brandenburg herausgebildet. Der Roggen entwickelte sich in vielen Gebieten Deutschlands während des 12. und 13. Jahrhunderts zum Hauptbrotgetreide. Dies lag vor allem darin begründet, dass mit dem Roggenanbau im Winter der landwirtschaftliche Feldbau ganzjährig betrieben werden konnte.

Die Heimat des Roggens liegt vermutlich im Kaukasusgebiet. Von dort ist es als Unkraut des Weizens über Kleinasien nach Europa gelangt. Roggen wird hauptsächlich als Brotgetreide angebaut.

Als Futtermittel werden das Korn oder die grün geerntete Roggenpflanze verwendet.

Grünroggen ist das erste Grünfutter in Rinderbetrieben im Frühling. Allerdings enthält Roggen einen hohen Anteil an schwer verdaulichen Nicht-Stärke-Polysacchariden.

Roggenkorn ist ebenfalls ein nachwachsender Rohstoff zur Herstellung von Bioethanol, Biogas, Werk- und Dämmstoffen und Stoffen für die chemische Industrie.

2.3.3 Fruchfolge

Die Fruchfolge bezeichnet die zeitliche Aufeinanderfolge verschiedener Kulturpflanzen auf einem Feld. Die an einen Standort angepasste Fruchfolge gehört zur guten landwirtschaftlichen Praxis. Die Fruchfolge ist die Voraussetzung zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit. Mit Fruchfolgen wird der Erschöpfung der Nährstoffe im Boden vorgebeugt und der Krankheits-, Schädlings- und Unkrautdruck wird reduziert.

Die Fruchfolgewirtschaft ist sehr alt. Historisch wurde zwischen der Zwei-, Drei- und Vierfelderwirtschaft unterschieden. Bis etwa 800 n. Chr. wurde z.B. Getreide ausschließlich in Monokultur angebaut. Waren die Flächen erschöpft, zog man weiter und erschloss neue Flächen. Ab dem 9. Jahrhundert begann man mit der Dreifelderwirtschaft. Auf einen zwei jährigen Anbau folgte eine einjährige Brache. Im 18. Jahrhundert wurden auf den Brachen Futterpflanzen und später Blattfrüchte wie Kartoffeln oder Rüben angebaut. Seither wurden die Fruchfolgesysteme immer weiter verbessert und ergänzt.

In der konventionellen Landwirtschaft ist es möglich Nährstoffe zusätzlich mittels Mineraldünger zuzuführen. Unter dem ausschließlichen Gesichtspunkt der Nährstoffversorgung von Kulturpflanzen wären Fruchfolgen nicht mehr zwingend erforderlich. Durch die vielen positiven Effekte gehören Fruchfolgen zu einer guten landwirtschaftlichen Praxis und werden von den Landwirten praktiziert.

Neben einer größtmöglichen Vielseitigkeit wird bei Fruchfolgen darauf geachtet, dass miteinander unverträgliche Kulturen durch längere Zeiträume voneinander getrennt werden. So ist zum Beispiel das Gleichgewicht zwischen Blatt- (Kartoffel, Rübe) und Halmfrüchten ein wichtiges Prinzip. Brachen, wie diese in der klassischen Zwei- oder Dreifelderwirtschaft nötig waren, werden durch eine gute Fruchfolgegestaltung vermieden. Dadurch wird Produktivität auf einer Fläche erhöht, womit neben dem wichtigen ökologischen Beitrag auch

zur Sicherung der Ernährung einer wachsenden Weltbevölkerung beigetragen wird. Aus ökologischen Erwägungen heraus werden Brachen (Flächenstilllegungen) heute wieder praktiziert und z.B. durch die Agrarpolitik in der europäischen Union prämiert.

Die Wahl von Art und Umfang der anzubauenden Feldfrüchte in einer Fruchtfolge wird von den regionalen Standortbedingungen aber auch von den betriebswirtschaftlichen Notwendigkeiten bestimmt. Die Ausrichtung der Artenwahl muss den wirtschaftlichen Erfolg als auch die Nachhaltigkeit der Produktion gewährleisten. Das Gegenteil einer Fruchtfolge ist die Monokultur.

In dem Dauerfeldversuch kamen unterschiedliche Fruchtfolgen zustande, diese ändert sich im Laufe der Jahre aufgrund verschiedener Einflussfaktoren. Überwiegend hing das mit den unterschiedlichen Versuchsanforderungen zusammen.

1963 - 1970: Mais - WR - KAR - WR - KAR – SW- ZR - SG

1971 - 1980: Mais - WR - KAR - WW - ZR - SG - ZR - SG - ZR - SG

1981 - 1990: ZR - SG - Kart. - WW - ZR - SG - KAR - WW

1991 - 1998: KAR - WW - ZR - WW – Mais - WR - Öllein - WR

ab 1999: Öllein - WR (P) - KAR- SG - Futtererbsen - WW – Mais - WR (H)

2.4 Bodenuntersuchungen Stickstoff, Phosphor und Kalium

Im Folgenden Kapitel werden die Methoden dargelegt durch den der Boden untersucht werden kann. Zusätzlich wird der Nutzen und die Erkenntnisse der Wissenschaftler genauer erläutert in welchen Zusammenhängen sie zu Bodenuntersuchungen stehen.

2.4.1 Klassische Bodenuntersuchungen

Die klassische (Standard-)Untersuchung erfasst die Gehalte von Phosphor, Kalium, Magnesium mittels Calcium-Acetat-Lactat-Auszug (CAL-Methode) und den pH-Wert in Calciumchlorid-Lösung (CaCl_2). Dabei werden nur die leicht pflanzenverfügbaren Nährstoffe erfasst. Im Rahmen der üblichen Untersuchung sind auch relativ kostengünstig zusätzliche Analysen auf organische Substanz, Mangan, Bor, Zink und Kupfer verfügbar. Neben dem Gehalt an organischer Substanz ist allerdings auch das Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff (C/N-Verhältnis) von Bedeutung, da ein hohes C/N-Verhältnis auf eine schnelle Umsetzung der organischen Substanz hinweisen kann. Es kann bei zusätzlichem Analyseumfang leicht mit erfasst werden.

Mit der Nmin-Methode lässt sich der Stickstoffbedarf des Bodens ermitteln, auch unter Berücksichtigung des durch Bodenorganismen verursachten Nährstoffumsatzes. Mit Hilfe der Elektro-Ultrafiltrationsmethode (EUF) werden neben den direkt verfügbaren wasserlöslichen Nährstoffen die nachlieferbaren Nährstoffe und der Kalkgehalt bestimmt. Diese Methode ist im Zuckerrübenanbau üblich, kann aber auch für andere Kulturen angewendet werden. Ein weiterer Vorteil dieser Methode ist neben dem breiten Analysespektrum auch, dass auf das Kühlen der Proben verzichtet werden kann.

2.4.2 Nährstoffbilanzierung

Ziel der Nährstoffbilanzierung ist es, einen Überblick über die dem Betrieb bzw. der Fläche zugeführten bzw. abgeführten Nährstoffe zu gewinnen. Bewegt sich die Bilanz innerhalb bestimmter Grenzen sind gravierende Fehler bei der Düngung kaum zu erwarten, sofern bei Phosphat und Kalium die Nährstoffversorgung im anzustrebenden Bereich liegt. Hohe Bilanzüberschüsse weisen auf eine Nährstoffanreicherung oder vermeidbare Nährstoffverluste der Böden hin, können jedoch auch Indikator für einen nicht optimalen Einsatz von Wirtschaftsdüngern sein. Nach der Düngeverordnung sind Nährstoffvergleiche für Stickstoff und Phosphat als Flächenbilanz oder aggregierte Schlagbilanz zu erstellen und zu einem mehrjährigen Nährstoffvergleich zusammenzufassen.

2.4.3 Ganzheitliche Bodenuntersuchungen

Ein wichtiges Kriterium ist auch das Verhältnis der Nährstoffe zueinander, da verschiedene Nährstoffe bei der Aufnahme durch die Pflanze in negativer Wechselwirkung zueinander stehen. So kann ein überhöhter Gehalt eines Nährstoffes auch zu Mindererträgen führen, da seine Antagonisten nicht – oder zumindest nicht optimal – aufgenommen werden können. Um auch die Nährstoffverhältnisse abschätzen zu können, eignen sich umfassendere Methoden wie die Analysen nach Balzer, Kinsey oder Husz, die eine ganzheitliche Abschätzung des Bodenzustands bieten.

Bei der Analyse nach Balzer werden 14 einzelne Kenngrößen ermittelt und nach bodenphysikalischen, bodenchemischen, bodenbiologischen und Umwelt-Gesichtspunkten beurteilt. Außerdem berücksichtigt die Methode die Verfügbarkeiten von Phosphor sowie die

Phosphor- und Humusdynamik.

Bei der Analyse nach Kinsey werden neben den üblichen Kenngrößen auch die Spurenelemente und die Sorptionskomplexe untersucht. Es wird beurteilt, ob die Nährstoffbalance im Boden ausgeglichen ist. Bei dieser Methode werden individuelle Empfehlungen geliefert, jedoch gibt es in Deutschland bislang kaum Labore, die nach dieser Methode arbeiten.

Bei der Methode nach Husz werden ebenfalls Sorptionskomplexe, Nährstoffverhältnisse und Basisparameter untersucht, sodass Wirkungsgefüge der bodendynamischen Prozesse dargestellt werden können.

Diese Untersuchungen können für Betriebe mit Sonderkulturen und beim Auftreten von spezifischen Wachstumsproblemen sinnvoll sein. Sie sind aber besonders für langfristige Betrachtungen von Bedeutung, da sie insbesondere Verschiebungen bzw. Veränderungen der unterschiedlichen Löslichkeitsfraktionen aufzeigen.

2.5 Pflanzenanalysen

Mit Hilfe der Pflanzen- oder Blattanalyse kann der Ernährungszustand der Pflanzen in der Vegetation bestimmt werden. Die Methode wird bislang vornehmlich zur Diagnose von offensichtlichen Ernährungsstörungen genutzt. Die Pflanzenanalyse sollte jedoch zukünftig vermehrt auch zur Steuerung der Düngung eingesetzt werden.

Durch den Vergleich mit Richtwerten ist es möglich, den Ernährungszustand von Kulturpflanzen für alle Nährstoffe zu beurteilen. Ernährungsdefizite können in der Vegetation vor allem für Spurennährstoffe durch gezielte Blattdüngergaben ausgeglichen werden. Voraussetzung ist, dass die Probenahme frühzeitig zu Beginn des Schossens erfolgt. Bei den Makronährstoffen besteht auch die Möglichkeit, über das Blatt Defizite

auszugleichen. Dies gilt vor allem für Magnesium und Schwefel. Besonders im letzten Jahr trat vermehrt Schwefelmangel auf, da im trockenen und kühlen April kaum Mineralisation stattfand. Eine verlässliche Bodenuntersuchung und darauf abgestimmte Düngerempfehlungen sind bislang für Schwefel nicht vorhanden. Bei Magnesium und Phosphor sind in den letzten Jahren aufgrund einer sehr geringen Düngung die Bodengehalte kontinuierlich abgesunken. Derzeit wird diskutiert, ob auf Standorten mit geringen Bodengehalten (Gehaltsklasse B) ausreichende Ernährungszustände erzielt werden können. Darüber hinaus gibt es Hinweise, dass bei dauerhaft pflugloser Bewirtschaftung eine Nährstoffverarmung des Unterbodens eintritt, die die Nährstoffversorgung vor allem in trockenen Phasen beeinträchtigen kann.

Die Pflanzenanalyse kann auch hier helfen, offene Fragen in der Düngeplanung und Bewertung zu beantworten, was die Wichtigkeit von Dauerfeldversuchen bestärkt. Der Zeitpunkt der Probenentnahme ist auch wichtig. Bei Wintergetreide kann die Pflanzenanalyse zum Ende der Bestockung bis zum Beginn des Ährenschiebens erfolgen. Dabei sollte die gesamte oberirdische Pflanzenmasse d.h. der Spross entnommen werden. Wurzeln und Erde verbleiben jedoch auf dem Feld. Verschmutzte Proben können nicht sicher beurteilt werden. Bei Raps kann die Pflanzenprobe im Knospenstadium bis zur Blüte erfolgen. Hier werden die gerade vollentwickelten Blätter untersucht. Bei den Kartoffeln erfolgt die Analyse vom Knospenstadium bis zur Knollenbildung. Ab dem Reihenschluss ist es möglich die Probeentnahme bei den Rüben durchzuführen. Zur Untersuchung müssen etwa 500 – 1000 g Pflanzenmaterial entnommen werden. Die Proben sollten in Papiertüten oder durchlöcherten Plastikbeuteln versandt werden. Eine Kühlung der entnommenen Probe ist nicht erforderlich.

2.6 Bonitur

Boniturrahmen können eine erhebliche Hilfe bei der Bestimmung des Deckungsgrades sein.

Es empfiehlt sich, mit zwei verschiedenen Größen von Boniturrahmen zu arbeiten. Für die Ermittlung des Deckungsgrades von Kulturpflanzen oder Unkräutern ist ein Rahmen mit einem Flächeninhalt von mindestens $0,5 \text{ m}^2$ sinnvoll. Für das Auszählen von Einzelpflanzen ist ein kleinerer Rahmen wie z. B. der sogenannte Göttinger Zähl- und Schätzrahmen mit $0,1 \text{ m}^2$ Flächeninhalt geeignet. Wenn Boniturrahmen nicht vorhanden sind, lassen sie sich aus Holzlatten oder Eisenstäben leicht selber anfertigen.

Bonitieren des Deckungsgrades

Um den Deckungsgrad der Kulturpflanze oder der Begleitflora abzuschätzen, wird der Rahmen entweder gedanklich oder mithilfe von Markierungen in Rechtecke aufgeteilt. Der so markierte Rahmen wird in die Parzellen gelegt, die durch Pflanzen (Kultur oder Unkraut) bedeckte Fläche wird gedanklich einer der Teilflächen zugeordnet. Wenn der Bestand schon etwas höher ist, lässt sich der Rahmen mit der offenen Seite gut schräg in den Aufwuchs schieben. Anhand einer solchen Bonituhilfe können Sie den Deckungsgrad durch die Kulturpflanzen bzw. durch den Unkrautbesatz in Prozent abschätzen. Um für eine Versuchsparzelle eine gute Einschätzung des Deckungsgrades zu bekommen, ist es nötig, je nach Größe der Parzelle drei bis fünf einzelne Werte zu erheben. Dabei müssen die einzelnen Bonituspunkte zufällig in der Versuchsparzelle verteilt werden, um ein repräsentatives Ergebnis zu erhalten. Es ist gerade bei mehreren aufeinander folgenden Bonituren wichtig, immer an den gleichen Stellen den Deckungsgrad zu erheben, um eine zeitliche Entwicklung des Bestandes beobachten zu können. Deshalb ist es ratsam die einzelnen Boniturstellen mit Markierungsstangen zu kennzeichnen und in die Versuchsskizze einzutragen. Der durchschnittliche Deckungsgrad in einer Parzelle

ergibt sich aus der Summe aller Deckungsgrade in Prozent, geteilt durch die Zahl der erhobenen Werte. Das Auszählen von einzelnen Pflanzen ist besonders bei der Regulierung von Problemunkräutern (Beispiel: Ackerkratzdistel) oder bei der Beurteilung des Kulturpflanzenbestandes interessant (Beispiel: Zählung der mit Mehltau befallenen Pflanzen auf 0,1m²). Zum Auszählen wird der Boniturrahmen, ähnlich wie bei der Ermittlung des Deckungsgrades, ca. drei- bis fünfmal pro Parzelle auf den Boden gelegt. Die von dem Boniturrahmen umschlossenen Pflanzen werden gezählt. Bitte beachten Sie, dass sich die meisten Getreidearten nach dem Bestocken mit dieser Methode nicht mehr gut bonitieren lassen. Aus diesem Grund eignet sich hierfür die Bonitur des Deckungsgrades. Soll die Bonitur zu einem späteren Zeitpunkt wiederholt werden, sind die Bonituspunkte innerhalb der Parzellen genau zu markieren.

Der Feldaufgang lässt sich durch einfaches Auszählen ermitteln. Dafür wird entlang der Drillreihen an mindestens drei Stellen pro Versuchsparzelle, die Zahl der aufgelaufenen Kulturpflanzen auf einem Meter Länge gezählt. Der ideale Zeitpunkt, beispielsweise bei Getreide, ist das Zweiblatt-Stadium (BBCH 12). Ein späteres Auszählen ist wesentlich aufwändiger.

Der Mittelwert der Pflanzenzahlen wird durch den Reihenabstand in Metern geteilt. So erhält man die Pflanzenzahl pro m². Anschließend kann man die Zahl der keimfähigen Körner pro m² aus den Werten für Aussaatmenge in kg/ha, Keimfähigkeit und Tausendkorngewicht berechnen.

3 Ergebnisse

Im Folgenden Abschnitt der Arbeit werden die unterschiedlichen Ergebnisse des Dauerfeldversuches ausgewertet. Demnach wurden die Kohlenstoffgehalte in der oberen Bodenschicht 0 bis 0,25 cm untersucht und ausgewertet. Außerdem wird im folgenden Text auf die Nährstoffgehalte in den Pflanzen eingegangen, sowie eine Analyse des unterschiedlichen Ertrages über den Verlauf der Jahre vorgenommen.

3.1 Kohlenstoffgehalte Boden 0 bis 0,25 cm

An diesem Versuch sind viele Bodenproben aus unterschiedlichen Tiefen genommen worden. Meistens werden sie alle zwei Jahre durchgeführt und auf ihre verschiedenen Bestandteil untersucht. In Abbildung 2 können wir den Verlauf des Kohlenstoff Anteils im Boden beobachten wie er sich in den einzelnen Jahren verändert hat. Zum Beginn 1973 wird dargestellt, dass durch die Fortschritte in der Pflanzenzucht, anfangs die Kohlenstoffgehalte im Boden verschlechtert wurden. Das sich aber im Laufe der Jahre durch ausgewogene mineralisch-organischer Düngung stabilisierte. Folglich führt die Verringerung organischer Düngung bis hin zu rein mineralischer N-Düngung auf Dauer zu Verlusten des Kohlenstoffs.

Des Weiteren kann man bei detaillierter Betrachtung über den Zeitverlauf der einzelnen Wiederholungen (siehe Anhang Bodenuntersuchung) feststellen, dass die unterschiedlichen Düngergaben nur geringen Einfluss auf den Kohlenstoff in der oberen Bodenkrume haben. Strake Unterschiede lassen sich nicht zwischen den einzelnen Jahren feststellen, aber über die Jahre hinaus ist ein positiver Trend zu erkennen.

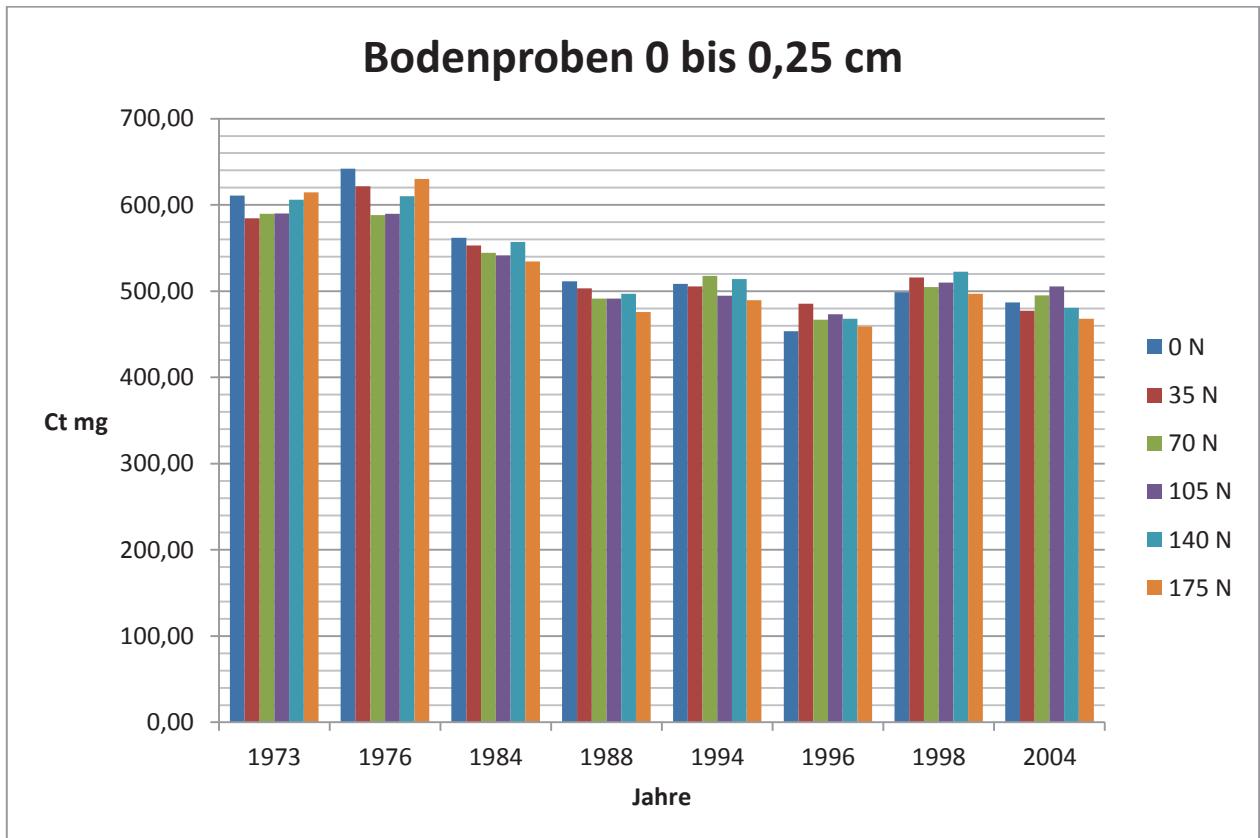


Abbildung 2 Bodenproben Dauerfeldversuch Versuch 140

3.2 Nährstoffgehalte Pflanze WW 2012 und WR 2012

Durch die unterschiedlichen Düngungen sind im Pflanzenabschnitt unterschiedliche Mengen an Nährstoffen eingelagert worden. In Abb. drei und Abb. vier können wir die unterschiedlichen Mengen an Stickstoff, Phosphor und Kalium erkennen, welche in ein Haupt- und ein Nebenprodukt des Winterroggens 2012 und Winterweizens 2010 eingelagert wurde. Durch die stufenartige Düngergabe lässt sich sehr gut erkennen, dass sich die Inhaltsstoffe erhöht haben.

Bei der Kultur Winterroggen wird es am besten bei den Stickstoff und Kalium Nachweis des jeweiligen Haupt und Nebenprodukt sichtbar, dass es zu steigenden Einlagerungen führte. Welche Rückschlüsse für eine Langfristige Wirkung aufzeigt. Diese Werte verbessern sich stufenartig mit steigender Düngervariante.

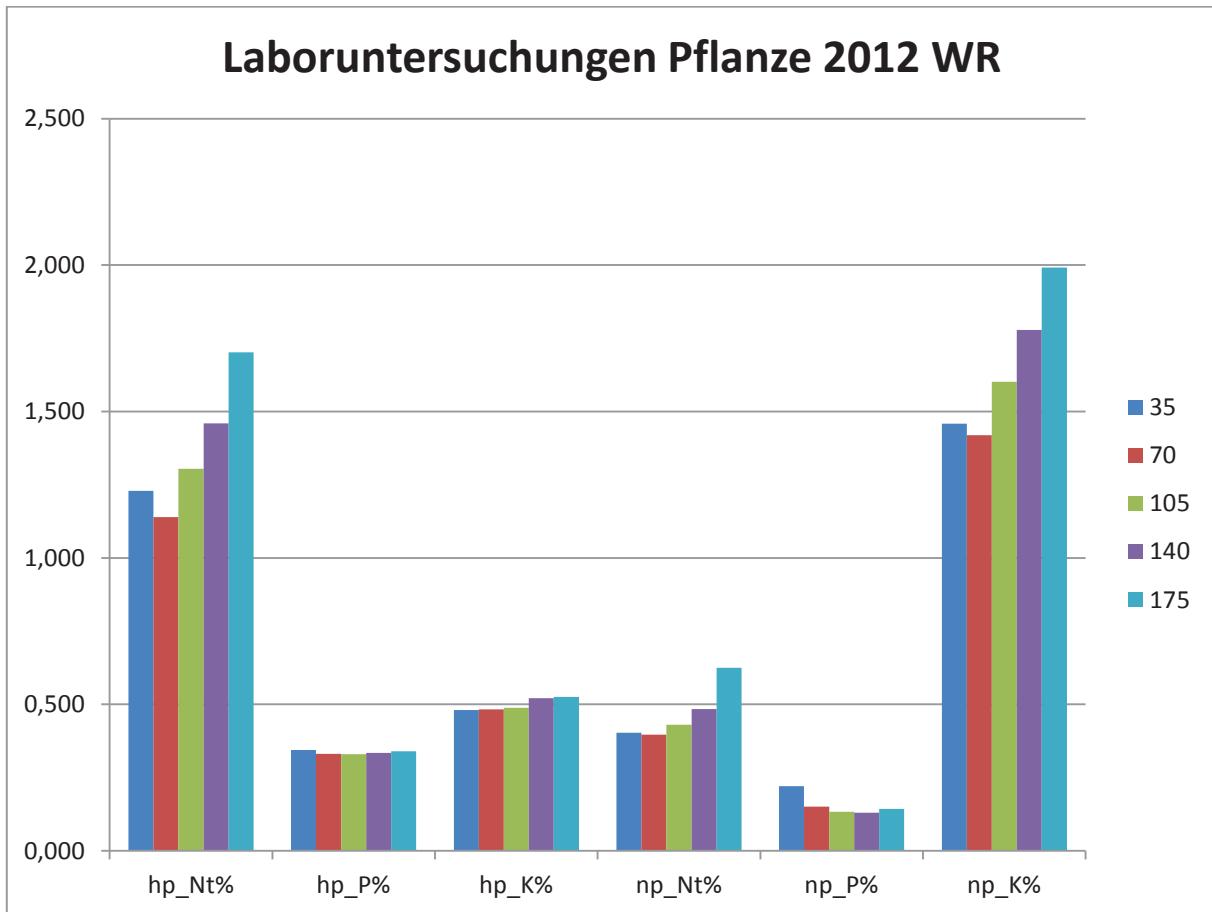


Abbildung 3 Laboruntersuchungen Pflanze Winterroggen 2012

Die Untersuchung des Winterweizens 2010 ermöglicht die Schlussfolgerung, dass durch die Düngung eine qualitative Verbesserung erreicht worden ist. Es findet eine kontinuierliche Verbesserung über die Jahre hinweg statt. In Abb. vier ist die gleichbleibende aber sich leicht erhöhende Einlagerung der Mineralien sehr gut nachgewiesen worden. Gut erkennbare Nährstoffe sind wieder der Stickstoff und das Kalium im Haupt- und Nebenprodukt. Dadurch wird die Wirkung der unterschiedlichen Düngervarianten nachgewiesen. Begünstigt wurde die hohe Einlagerung im Jahr 2010 durch einen reichlichen Niederschlag im Verlaufe der Vegetationsperiode siehe Tabelle drei.

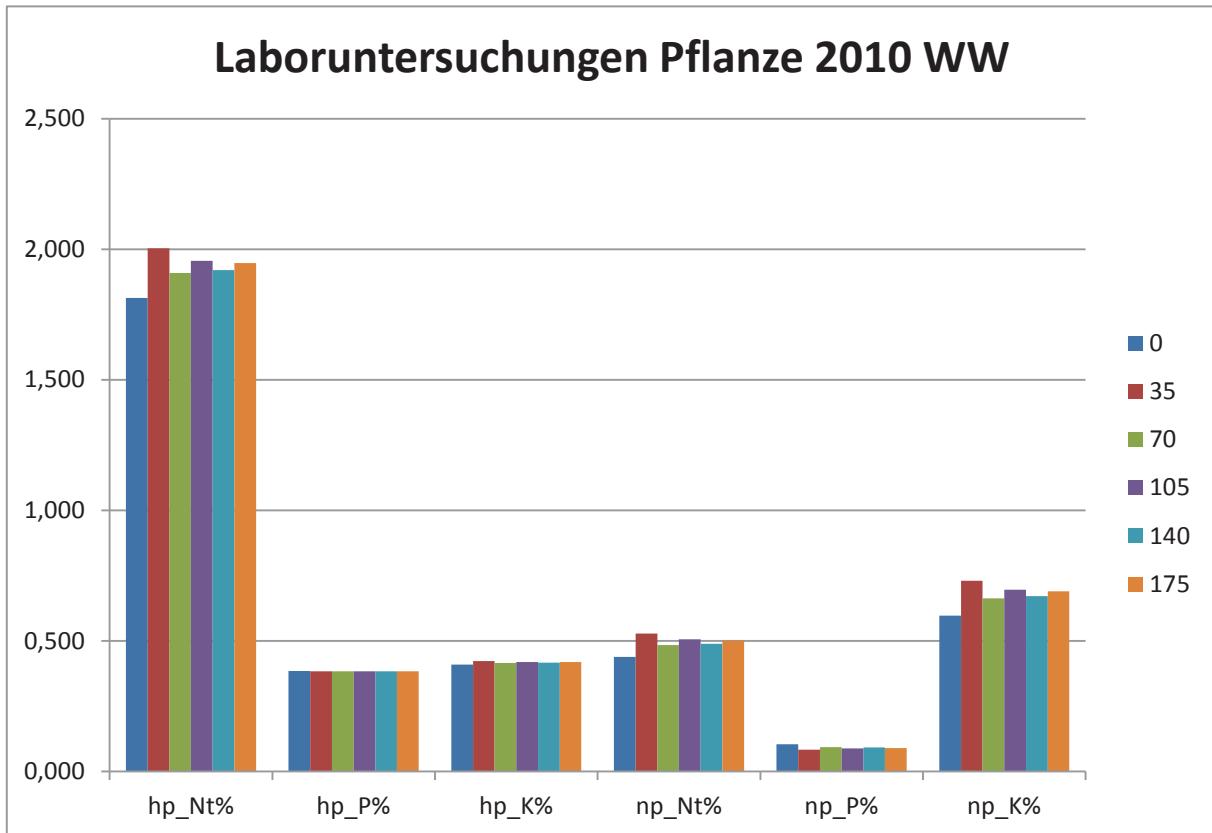


Abbildung 4 Laboruntersuchungen Pflanze Winterweizenn 2010

3.3 Ertrag

Im Mittel der Jahre von 1972 bis 2014 wurden bei der bestmöglichen Nährstoffversorgung Erträge von gut bis sehr gut erzielt. In Abb. 5 wird der Ertrag des Winterroggens über 7 Versuchsjahre visualisiert. Es können die unterschiedlichen Erträge dt/ha^{-1} für die einzelnen Jahre unterschieden werden. Hierbei werden die meist ähnlichen unterschieden zwischen den Düngungsvarianten sichtbar. Der höchste Ertrag wurde 1996 mit der Düngervariante 140 N erreicht, es konnten $84,5 \text{ dt}/\text{ha}^{-1}$ geerntet werden. Demnach war der geringste Ertrag 1972 mit $41 \text{ dt}/\text{ha}^{-1}$ bei der Düngervariante 175 N.

Winterroggen Erträge von 1972 bis 2014 (7 Versuchsjahre)

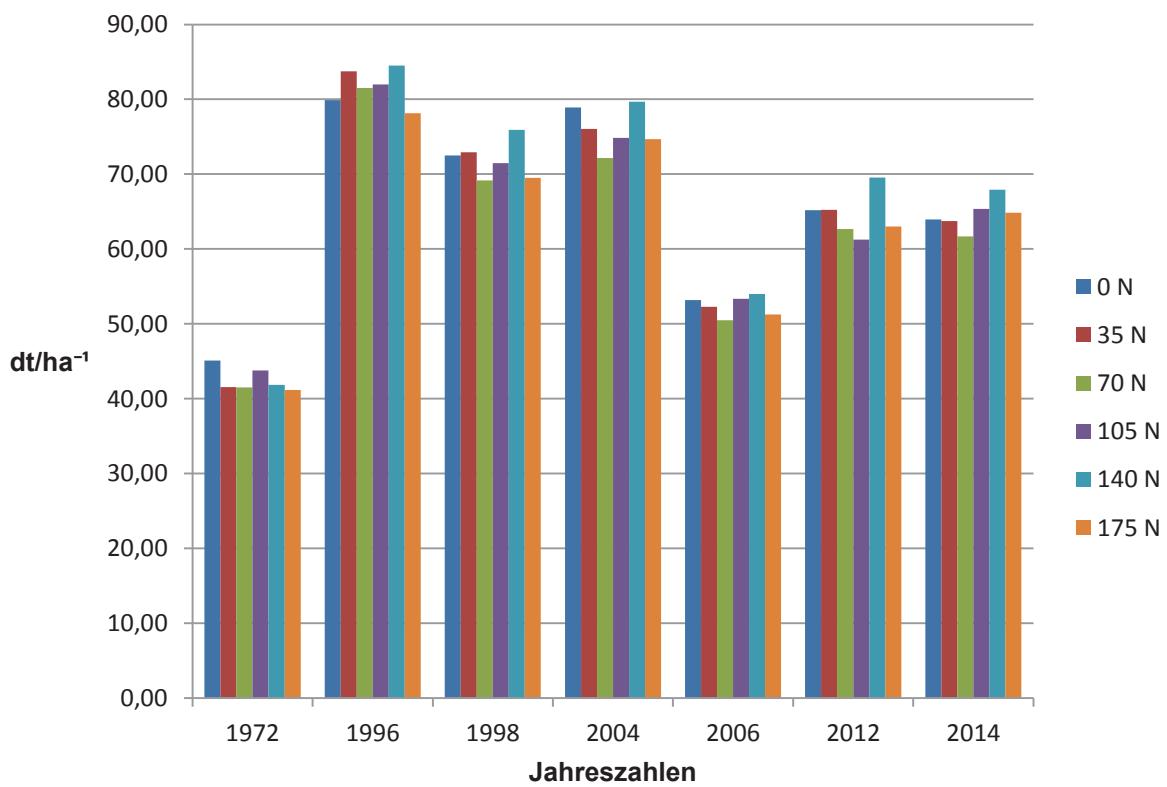


Abbildung 5 Ertäge Winterroggen von 1972 bis 2014

Des Weiteren werden in der Abb. sechs die Erträge des Winterweizens von 1974 bis 2010 über sechs Versuchsjahre anschaulich gemacht. Beim Winterweizen ist der Unterschied zwischen den einzelnen Düngungen nicht so gut zu erkennen wie beim Roggen, aber dennoch ist ersichtlich, dass über die Versuchsjahre hinweg eine Steigerung erfolgte. Natürlich sind einzelne Unterschiede auch der Sorte sowie den unterschiedlichen Witterungsverhältnissen zuzuschreiben. Der höchste Ertrag wurde 1984 mit der Düngervariante 105 N erreicht, es konnten 79 dt/ha^{-1} geerntet werden. Demnach war der geringste Ertrag 1994 mit 24 dt/ha^{-1} bei der Düngervariante 0 N.

Winterweizen Erträge von 1974 bis 2010 (6 Versuchjahre)

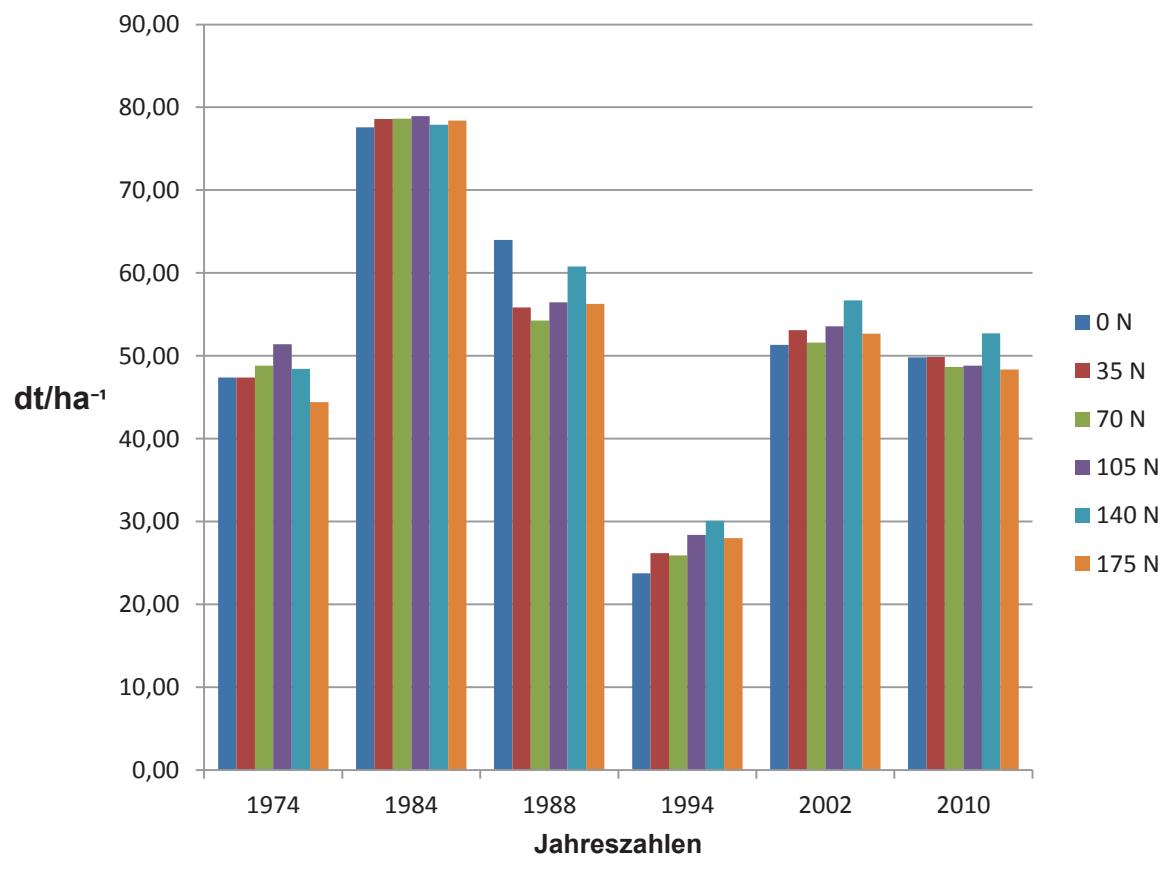


Abbildung 6 Ertäge Winterweizen von 1974 bis 2010

Ebenso kann man in Abb. sieben die dauerhafte Steigerung der Getreide-Einheit von 1963 bis 2008 sehen. Hier wird die kumulative Getreide-Einheit kontinuierlich erhöht. Eine deutliche Ertragsdifferenzierung der untersuchten Prüfgliedkombinationen wird im Laufe der Jahre sichtbar. In der Variante mit fast nur organischer Düngung war die GE- Leistung der Fruchfolge um mehr als 30 % und auf der Nullvariante um mehr als 50 % geringer als bei der kombinierten mineralischen-organischen Düngung. Des Weiteren war auch die C-Bindung im Boden geringer. Das Ziel einer nachhaltigen Nutzung sollte es aber immer sein bei einem hohen Ertragsniveau gleichzeitig geringe C- und N- Verluste zu erreichen.

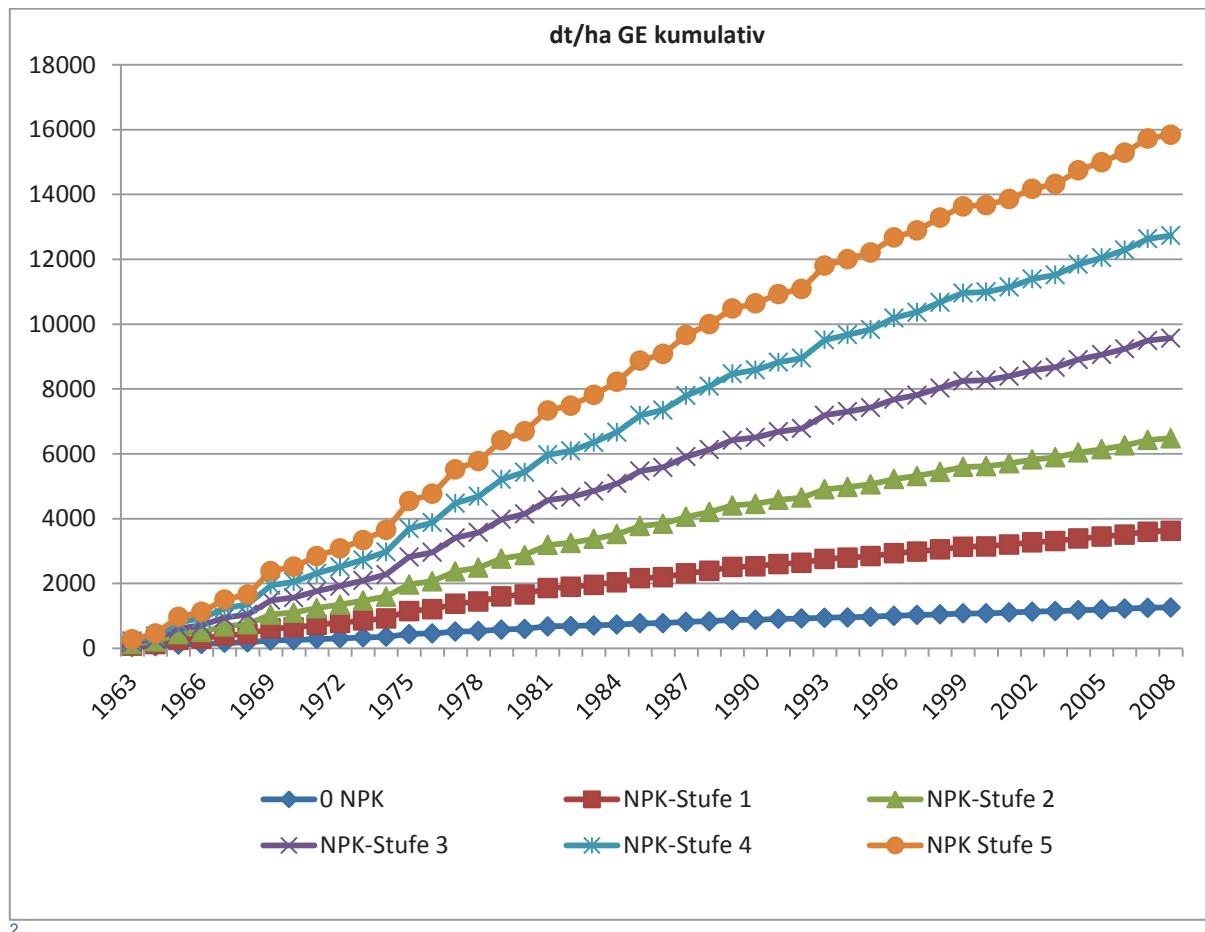


Abbildung 7 kumulativ Gerteide-Einheit in dt/ha

² Der Mücheberger Nährstoffsteigerungsversuch V 140 D. Barkusky

4 Diskussion

Welche Wirkung hat den nun eine langfristige gleichbleibende Düngung auf denn selben Standort, auf das Wachstum und den Ertrag? Im vorrangingen Teil der Arbeit kommt klar heraus, dass Dauerfeldversuche je langfristiger sie betrieben werden umso größere Informationsruckschlüsse geben können.

Klingt es erst mal so als würden sich viele Dauerfeldversuche doch ähneln oder gleich sein.

Es lässt sich aber feststellen, dass Aufgrund der Vielschichtigkeit, wie diese Versuche angelegt werden können mit dem Zusammenhang das schon alleine durch den Standort so viele Einflussmöglichkeiten auf die einzelnen Kulturen mit sich bringt das die Optimierung noch nicht vollständig abgeschlossen ist. Ebenso ändern sich natürlich auch die Umwelteinflüsse nicht sehr schnell aber die globale Erwärmung steigt stetig voran.

Da der Boden nur sehr langsam auf die Anwendungen reagiert, aber er die Grundlage des Ertragspotentials und Wachstum ist, gilt es dieses weiterhin genau zu betrachten. Besonders bei dem Standort im Mücheberg ist die langfristige Wirkung auf sandigen Böden noch nicht ausreichend erforscht. Das ist der Vorteil von Dauerfeldversuchen. Sie versprechen auf den ersten Eindruck nicht sehr viel. Aber Sie bringen große Datenmengen hervor, die es auf langfristige Sicht zu interpretieren gilt.

Was sagt der Versuch nun zu den zwei explizit ausgewählten Kulturen Winterweizen und Winterroggen aus? Mit der Steigerung der Effizienz der Düngung und dem eigentlichen Leistungspotenzial der Kulturen sind die hauptsächlichen Begrenzungen die Umweltfaktoren, Licht, Wasser, Temperatur sowie Nährstoffverfügbarkeit. Genauso wichtig ist die Frage ob eine dritte Düngung als Qualitätsgabe wirklich notwendig ist um die gewünschten Leistungen der Kultur ausreichend zu beeinflussen.

Es gibt noch viele Probleme mit der Düngung die noch nicht ausreichend geklärt sind oder noch nicht die richtige Anwendung finden. Angefangen im Zusammenhang mit der Düngeverordnung, hierfür lässt sich die gebrauchte Menge für die Kultur an Düngemittel feststellen. Demnach können genauere Vorgaben für die Praxis gemacht werden. Insbesondere ist die Wasserrahmenrichtlinie der EU von aktueller Bedeutung, hierfür können Rückschlüsse geschlossen werden. Desweitern ist die N-Auswaschung durch starke Regenschauer, die immer häufiger vorkommen, gerade bei sandigen Standorten begünstigt.

Grundsätzlich könnte es zur Verbesserung der Datenbasis eine Anpassung der Fruchfolge geben, da diese nicht mehr der fachlichen Praxis entspricht und größtenteils kürzere Fruchfolgen gewählt werden. Und somit die Übertragbarkeit im direkten Sinne nicht gegeben ist. Ein großer Nachteil ist auch, dass die alten Dauerfeldversuche sich nicht richtig mit dem Stand der heutigen Technik mit entwickeln können. Schon allein durch ihre Größe ist Spezialtechnik von Nöten oder es muss noch durch Handarbeit betrieben werden, welche automatisch zu Ungenauigkeiten führen kann. Andererseits haben Dauerfeldversuche, die Jahrzehntelang durchgeführt werden, eine Art „ökologisches Gedächtnis“, welches einerseits Auskunft über die kurz-, mittel- und langfristigen Wirkungen der Bodennutzung geben kann oder aber auch Reaktionen auf sich verändernde Umwelteinflüsse erkennbar macht.

5 Zusammenfassung

Die Agrar- und Umweltforschung steht immer noch vor der Aufgabe, zur Lösung der Ernährungsfrage für die gesamte Weltbevölkerung beizutragen. Gerade die Länder in Europa haben die Möglichkeit hier erworbenes Wissen in Ländern der dritten Welt anwendbar zu machen. Dazu müssen nachhaltige Landnutzungssysteme entwickelt werden, die hohe Produktivität mit verminderter Energie- und Ressourceneinsatz erzielen und den dauerhaften Erhalt der Böden und ihrer Fruchtbarkeit verbessern oder dauerhaft gewährleisten. Eine ausreichende Humusreproduktion bei sandigen Böden wird am besten durch den Einsatz von organischer Düngung in Form von Stallmist in Verbindung mit mineralischer Düngung bewirtschaftet.

Letztlich erzielen wir durch unsere langfristige Düngung mit unseren ertragsreichen Sorten noch keine starke Humusmehrung, aber grundsätzlich verschlechtert sich die Nährstoff- Humusbilanz nicht ins Negative. In diesem Zusammenhang soll noch einmal ein Wort von Justus v. Liebigs bedacht werden:

„Überall in der Natur walten die ordnenden Gesetze, welche das Leben an die Erde fesseln Und in ewiger Frische und Dauer erhalten, nur da wird die Erde alt und die Keime des Lebens verlöschen, wo der Mensch in seiner Beschränktheit ihr Existenz verleugnet und Verkennt, wenn er dem Kreislauf der Bedingungen des Lebens entgegentritt und ihr Zusammenwirken stört und hemmt“

6 Literatur

Köppen, W.: Das geographische System der Erde. In W. Köppen, R. Geiger, Handbuch der Klimatologie, Bd.1, Teil C, Berlin 1936.

Körschens M., Globale und regional Bedeutung von Dauerfeldversuchen Volume 51, 111-117, Halle Wittenberg 2005

Liebig, J.v. (1865): Chemische Briefe. Wohlfeile Ausgabe, 5. Auflage, Heidelberg, 45. Brief, S.447-448

Peschke, H, Baumecker, M... Einfluss der Bodennutzung auf die langfristige Entwicklung von Fruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit sandiger Böden, Heft 7, Berlin 1997

Gäbert T. & Ellmer F., Dauerfeldversuche als Forschungsbasis für den Humushaushalt von Ackerböden, Berlin 2005

W. Franke (1992) Nutzpflanzenkunde, Thieme-Verlag, 5. Auflage

Vogt-Kaute, W, bofru, Bodenuntersuchung was ist wirklich drin? Frankfurt am Main 2010

Landwirtschaftskammer Niedersachsen Düngempfehlung <https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/2/nav/341/article/16369.html>

Rogasik, J.; Schroetter, S: Der Müncheberger Nährstoffsteigerungsversuch : Effekte kombinierter organisch-mineralischer Düngung auf Nährstoffbilanzen und Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit. UFZ-Bericht / UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle 24 (1999). - S. 33-36

Dr. K.-P. Wilbois, A. Schwab Leitfaden für Praxisversuche, FiBL Deutschland e.V., Frankfurt am Main

Barkusky, D, Zalf Forschungsstation Dauerfeldversuch 140

7 Anhang

7.1 Sorten Liste

Tabelle 4 Sortenverzeichnis

Jahr	Kultur	Sorte	Bemerkungen
1963	Gruenmais	Schindelmeiser	
1964	Winterroggen	Petka	
1965	Kartoffeln	Ora	
1966	Winterroggen	Petka	
1967	Kartoffeln	Ora	
1968	Sommerweizen	Remo	
1969	Zuckerrueben	Mona	
1970	Sommergerste	Lino	
1971	Silomais	Siloma	
1972	Winterroggen	Dankowski zloty	
1973	Kartoffeln	Spartaan	
1974	Winterweizen	Saladin	
1975	Zuckerrueben	Mona	
1976	Sommergerste	Trumpf	
1977	Zuckerrueben	Hymona	
1978	Sommergerste	Trumpf	
1979	Zuckerrueben	Ponemo	
1980	Sommergerste	Grit	
1981	Zuckerrueben	Ponemo	
1982	Sommergerste	Consista	
1983	Kartoffeln	Adretta	
1984	Winterweizen	Alcedo	
1985	Zuckerrueben	Depomo	
1986	Sommergerste	Salomé	
1987	Kartoffeln	Koretta	
1988	Winterweizen	Faktor	
1989	Zuckerrueben	Depola	
1990	Sommergerste	Hami	
1991	Kartoffeln	Adretta	
1992	Winterweizen	Orestis	
1993	Zuckerrueben	Reka	
1994	Winterweizen	Toronto	
1995	Silomais	Saphir	
1996	Winterroggen	Marder (H)	
1997	Ölein	Atalante	
1998	Winterroggen	Borellus	
1999	Kartoffeln	Adretta	Nachbau
2000	Sommergerste	Krona	
2001	Futtererbsen	Miami	

2002	Winterweizen	Pegassos
2003	Silomais	Caballero
2004	Winterroggen	Gamet (H)
2005	Öllein	Lirina
2006	Winterroggen	Amilo
2007	Kartoffeln	Lolita
2008	Sommergerste	Simba
2009	Erbsen	Rocket
2010	Winterweizen	Asano
2011	Silomais	Torres S 250
2012	Winterroggen	Minello
2013	Öllein	Lirina
2014	Winterroggen	Minello

7.2 Bodenuntersuchung Detail Auswertung

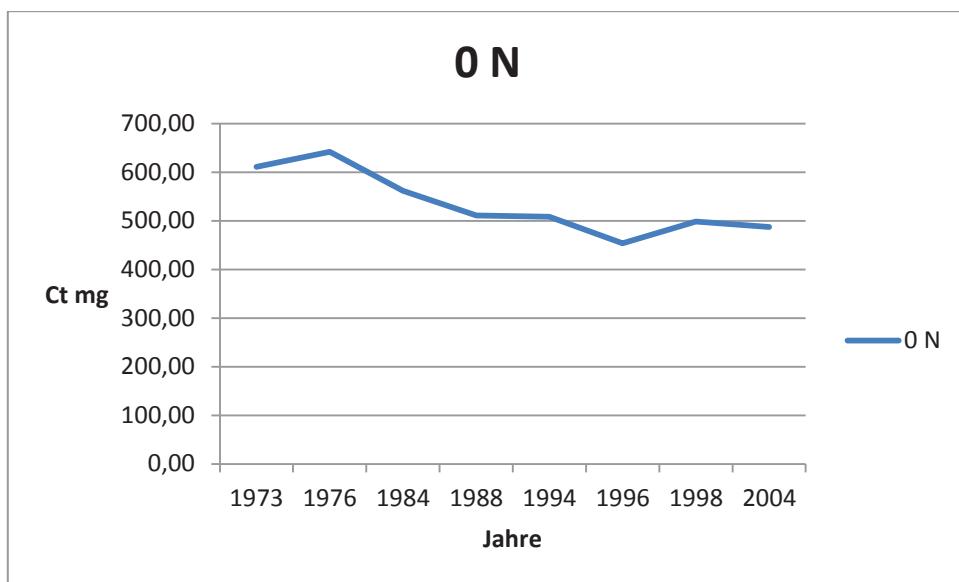


Abbildung 8 Trend der 0 N Variante in Ct mg

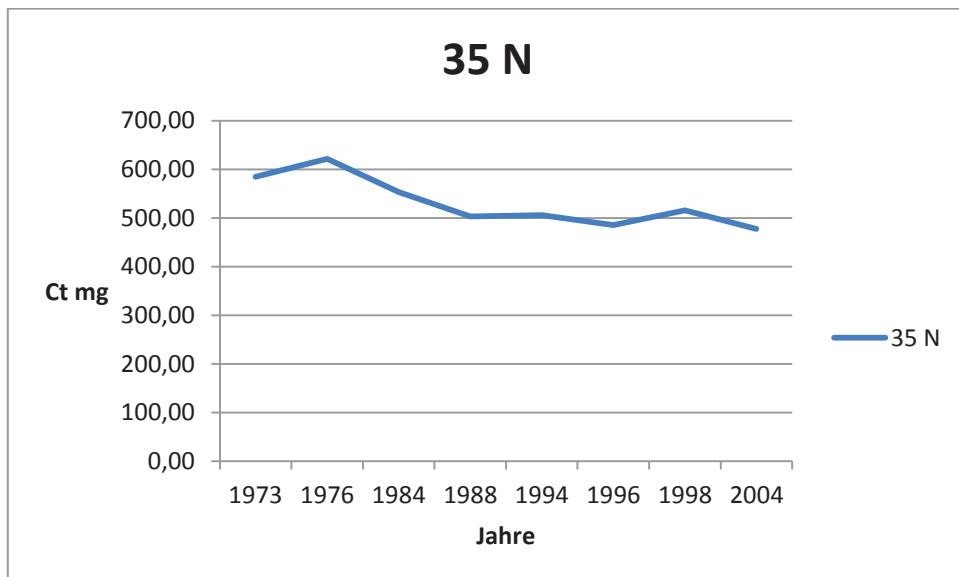


Abbildung 9 Trend der 35 N Variante in Ct mg

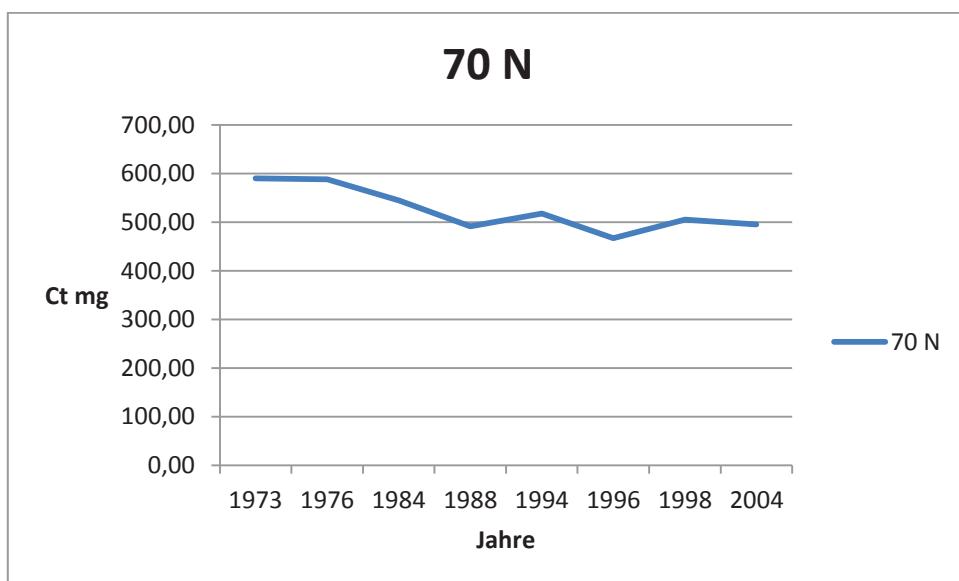


Abbildung 10 Trend der 70 N Variante in Ct mg

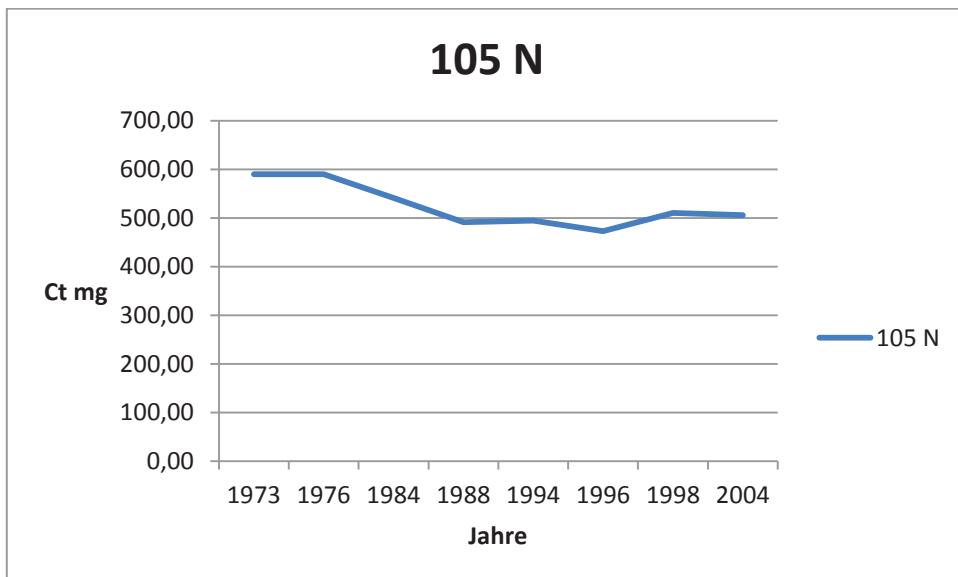


Abbildung 11 Trend der 105 N Variante in Ct mg

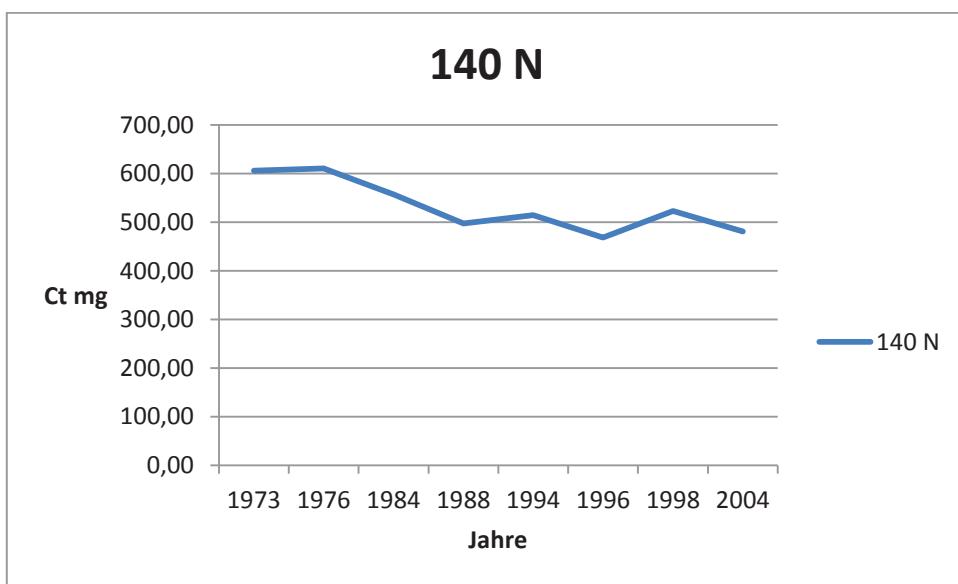


Abbildung 12 Trend der 140 N Variante in Ct mg

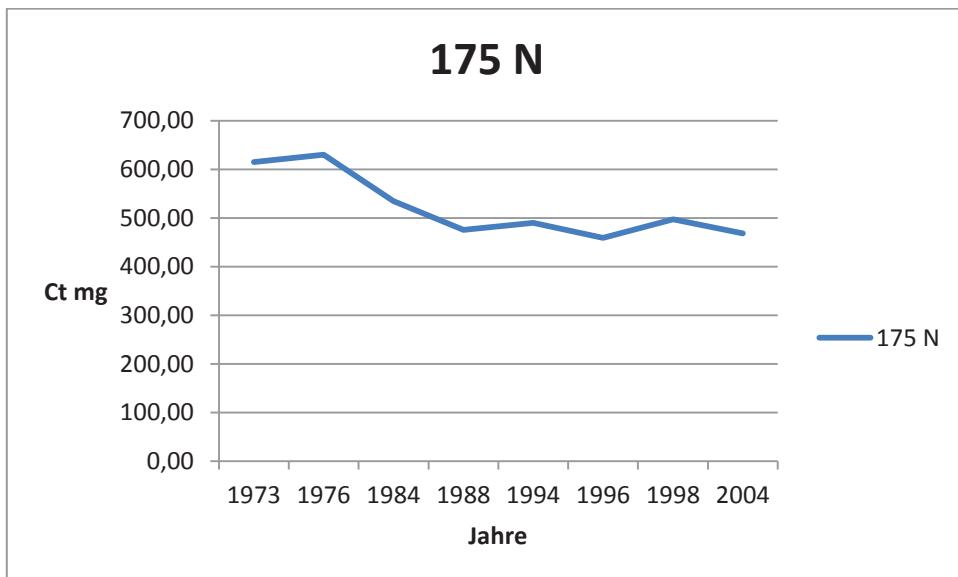


Abbildung 13 Trend der 175 N Variante in Ct mg

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich den Praktikumsbericht selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe, alle Ausführungen, die anderen Schriften wörtlich oder sinngemäß entnommen wurden, kenntlich gemacht sind und die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht Bestandteil einer Studien- oder Prüfungsleistung war.

Neubrandenburg, den 06.05.2015

M. Schulze

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Versuchsplan 140/00_2014	12
Abbildung 2 Bodenproben Dauerfeldversuch Versuch 140	26
Abbildung 3 Laboruntersuchungen Pflanze Winterroggen 2012	27
Abbildung 4 Laboruntersuchungen Pflanze Winterweizenn 2010	28
Abbildung 5 Ertäge Winterroggen von 1972 bis 2014	29
Abbildung 6 Ertäge Winterweizen von 1974 bis 2010	30
Abbildung 7 kumulativ Gerteide-Einheit in dt/ha	31
Abbildung 8 Trend der 0 N Variante in Ct mg	37
Abbildung 9 Trend der 35 N Variante in Ct mg	38
Abbildung 10 Trend der 70 N Variante in Ct mg	38
Abbildung 11 Trend der 105 N Variante in Ct mg	39
Abbildung 12 Trend der 140 N Variante in Ct mg	39
Abbildung 13 Trend der 175 N Variante in Ct mg	40

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Die ältesten Dauerfeldversuche der Welt	6
Tabelle 2 Lufttemperatur	9
Tabelle 3 Niederschlag	10
Tabelle 4 Sortenverzeichnis	36

10 Abkürzungen

dt	Dezitonnen
KAR	Kartoffel
ha	Hektar
Hp	Hauptprodukt
SG	Sommergerste
SW	Sommerweizen
N	Stickstoff
Np	Nebenprodukt
WW	Winterweizen
WR	Winterroggen
ZR	Zuckerrübe