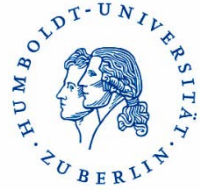


HUMBOLDT – UNIVERSITÄT ZU BERLIN

Lebenswissenschaftliche Fakultät

Albrecht Daniel Thaer - Institut

für Agrar- und Gartenbauwissenschaften



Lehr- und Forschungsstation, Standort Berlin-Dahlem

Dauerversuche und Demonstrationsanlagen



Ausgabe 2017



Quelle: Geoportal Berlin / Digitale farbige Orthophotos 2016 (DOP20-C). (Bildflug April 2016)

- 1 Lehrbodenprofil
- 2 Agrarmeteorologisches Ertragsmessfeld (E-Feld) mit Wetterstation
- 3 Statischer Dauerversuch Bodennutzung (D3)
- 4 Statischer Dauerversuch Bodennutzung (D3) / Nachwirkung
- 5 Internationaler Organischer Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV)
- 6 Demonstrationsanlage Sortimente von Ackerkulturen
- 7 Demonstrationsanlage Energiepflanzen
- 8 Artendemonstration von Gewürz- und Arzneipflanzen
- 9 Artendemonstration Zwischenfrüchte
- 10 Demonstrationsanlage Futterpflanzen

Lehr- und Forschungsstation, Standort Berlin-Dahlem

Dauerversuche und Demonstrationsanlagen

Ausgabe 2017

Impressum:

Herausgeber: Humboldt-Universität

Albrecht Daniel Thaer - Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften
Lehr- und Forschungsstation / Bereich Freiland

Autoren: Kathlin Schweitzer, Wolfgang Köhn, Frank - M. Chmielewski

Kontakt: Michael Baumecker

Leiter der Lehr- und Forschungsstation / Bereich Freiland
michael.baumecker@agrar.hu-berlin.de

Weblink: www.agrar.hu-berlin.de/de/institut/einrichtungen/freiland

Inhalt

Einführung	6
1. Natürliche Standortbedingungen.....	7
1.1 Klima.....	7
1.2 Boden	8
1.3 Limitierende Standortfaktoren	10
2. Dauerfeldversuche und Demonstrationsanlagen am Standort Berlin-Dahlem	11
2.1 Übersicht und zentrale Forschungsthemen	11
2.2 Statischer Versuch Bodennutzung	13
2.3 Internationaler Organischer Stickstoffdauerdüngungsversuch ..	25
2.4 Agrarmeteorologisches Ertragsmessfeld (E-Feld)	35
2.5 Arten- und Sortendemonstration landwirtschaftlicher Kulturpflanzen im Ackerbau.....	48
Lehrbodenprofil:.....	59

Einführung

Die Wirkung von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf das System Boden-Pflanze ist häufig erst langfristig als Kulmination geringer, kaum wahrnehmbarer jährlicher Effekte feststellbar. Mehr als 20 bis 30 Jahre vergehen, bis sich ein neuer, quasi stabiler Zustand im „*standort- und bewirtschaftungstypischen Fließgleichgewicht*“ einstellt. Gleiche Beobachtungszeiträume sind notwendig, um den Einfluss schwankender Jahreswitterung und langfristiger Klimaänderungen zu erfassen. Um diese Entwicklungen zu quantifizieren und hinsichtlich der Einflussfaktoren zu analysieren, werden ortsfeste Dauerfeldversuche angelegt. Ihre Laufzeit sollte mindestens 20 bis 30 Jahre betragen.

Dauerfeldversuche sind eine unverzichtbare Grundlage des Kenntniserwerbs zur nachhaltigen Bodennutzung. Kontinuität und Intensität der Datenerfassung erlauben unter Anderem Trenderfassungen zur Wirkung bestimmter Bewirtschaftungsfaktoren auf Boden und Pflanze bei Klimaänderungen; sie dienen der Validierung und Verifizierung von Prognosemodellen wie auch der Ableitung von standort- und bewirtschaftungsspezifischen Kennwerten und Potenzialen. In Dauerfeldversuchen entstehen auf engstem Raum Bodenparzellen, die in ihren Eigenschaften stark differenziert und gleichzeitig in ihrer Entwicklung genau dokumentiert sind. Dieses „Archiv“ von Bodenparzellen eignet sich hervorragend für die Grundlagenforschung.

Die Humboldt-Universität zu Berlin unterhält 8 derartige Versuche an zwei Standorten. Außerdem verfügt sie über mehrere Demonstrationsanlagen, in denen langjährige Beobachtungen durchgeführt und dokumentiert werden.

Dieser Versuchsführer fasst die wichtigsten Informationen zu den Dauerfeldversuchen und Langzeitbeobachtungen am Standort Berlin - Dahlem zusammen und soll anhand ausgewählter Ergebnisse Impulse für eine anregende Diskussion liefern.

1. Natürliche Standortbedingungen

Der Versuchsstandort Berlin-Dahlem (52°28' N, 13°18' E, Höhe 51 m über NN) repräsentiert typische Klima- und Bodenbedingungen des wechsellagerungszeitlich geprägten Nordostdeutschen Tieflandes.

1.1 Klima

Berlin-Dahlem liegt im Bereich des feucht-temperierten Klimas Westeuropas (Cfb). Aufgrund der Entfernung zum Atlantik und des nach Osten stärker werdenden Einflusses kontinentaler Luftmassen unterscheidet sich das Klima deutlich von Gebieten des Nordwestdeutschen Tieflandes. Die Schwankungen der durchschnittlichen Lufttemperatur im Tages- sowie im Jahresgang sind stärker, die Durchschnittstemperaturen der Sommermonate höher, die der Wintermonate geringer, und die jährliche Niederschlagsmenge ist niedriger als im westlichen Teil Deutschlands.

Seit Beginn der Wetterbeobachtungen im Jahr 1931 wurden als absolutes Minimum der Lufttemperatur -22,0°C (1956) und als absolutes Maximum 37,9°C (1994) gemessen. Die frostfreie Periode dauert in der Regel von Mai bis September, die thermische Vegetationszeit (L5) von Mitte März bis Mitte November.

Die jährlichen Niederschläge schwanken im Bereich von 356 mm (1976) bis 879 mm (2007) erheblich. Für die klimatische Wasserbilanz ergibt sich ein jährlicher negativer Saldo von >100 mm, wofür in erster Linie die Niederschlagsdefizite in der Vegetationszeit verantwortlich sind.

Die Monatsmittelwerte (1981-2010, Klimadiagramm Abb. 1) weisen den Juli als wärmsten und niederschlagsreichsten Monat aus. Der Januar ist der kälteste Monat. Niederschlagsärmste Monate sind im langjährigen Mittel der Februar und April. Der Versuchsstandort unterliegt einem messbaren urbanen Einfluss, insbesondere bei der Lufttemperatur, die im langjährigen Jahresmittel etwa 0,7 K höher liegt als im unmittelbaren Umland.

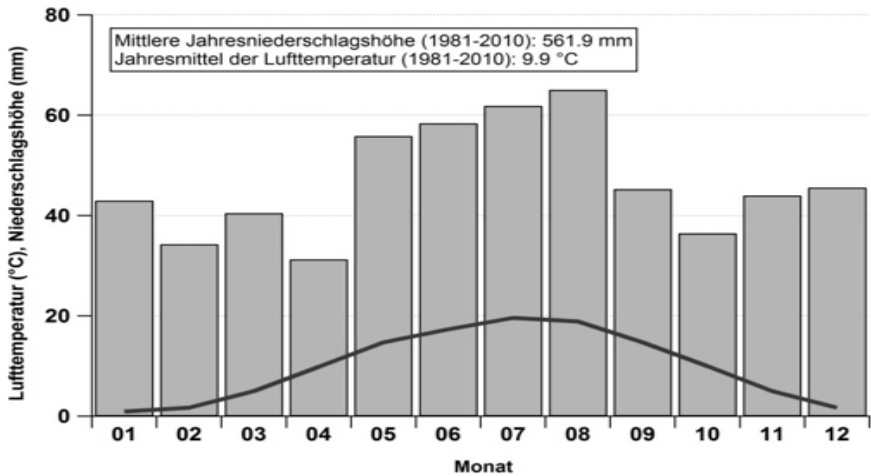


Abbildung. 1: Klimadiagramm der Station Berlin-Dahlem, 1981-2010

1.2 Boden

Der Versuchsstandort Berlin-Dahlem befindet sich auf dem Nordrand des Teltow, einer weichselzeitlichen Grundmoränenplatte. Der Standort ist nicht grundwasserbeeinflusst. Das Relief ist schwach wellig, nicht oder nur sehr schwach geneigt (2 bis < 3,5 %).

Die Versuchsflächen sind durch die typisch kleinräumige Bodenheterogenität der Grundmoränen geprägt, die vor Allem auf die unterschiedliche Mächtigkeit des Sandes von < 0,4 m bis > 0,8 m über dem darunter liegenden Fließlehm zurückzuführen ist. Die Tiefe des karbonathaltigen Geschiebemergels schwankt zwischen 0,8 m und > 2 m. Dominierender Bodentyp ist die Fahlerde (Subtyp Braunerde-Fahlerde). Zur Demonstration der typischen Bodenverhältnisse befindet sich am Versuchsstandort ein offenes Lehrbodenprofil (Foto im Broschürendeckel

sowie Tab. 2). Die mittleren Eigenschaften des Pflughorizontes sind in den Tabellen 1 und 2 aufgeführt.

Tabelle 1: Mittlere Eigenschaften des Pflughorizontes am Standort Berlin-Dahlem dargestellt am Beispiel des Dauerversuches Bodennutzung (Krzysch et al., 1992)

Bodenphysikalische Kenngrößen		Bodenchemische Kenngrößen	
Sand [%]	72-76	C _t [% m/m]	0,5 - 1,1
Schluff [%]	13-25	N _t [% m/m]	0,03 – 0,09
Ton [%]	3-6	pH	5,4 - 5,9
LD [g cm ⁻³]	1,7	CO ₃ ²⁻ [% m/m]	0
PV [% v/v]	36	KAK _{pot} [cmol _c kg ⁻¹]	5 - 10
FK [% v/v]	22	Cu _{KW} [mg kg ⁻¹]	7
nFK [% v/v]	17	Zn _{KW} [mg kg ⁻¹]	28
PWP [% v/v]	5,0	Pb _{KW} [mg kg ⁻¹]	19
		Cd _{KW} [mg kg ⁻¹]	0,14

Tabelle 2: Bodenphysikalische und -chemische Eigenschaften des Lehrprofils am Standort Berlin-Dahlem

Horizont	Sand	Schluff	Ton	Boden-	LD ¹	nFK ¹	C _{org}	N _t	pH
		%		art	g cm ⁻³	% Vol	%	%	
rAp	72,6	19,7	7,7	SI2	1,74	14,8	1,01	0,09	6,1
Bv – Ael	72,1	22,8	5,1	SI2	1,70	14,2	0,14	0,01	6,2
Ael + Bt	63,8	17,2	19,0	Ls4	1,77	16,7	0,13	0,02	6,3
Bt	60,0	22,4	17,5	Ls4	1,84	9,6	0,13	0,01	6,1
elCcv	64,9	21,3	13,8	SI4	1,84	12,6	n.b.	n.b.	6,4

¹ Daten nach Krzysch et al. (1992)

1.3 Limitierende Standortfaktoren

Limitierende Standortfaktoren sind:

- Niederschlagsdefizit während der Hauptwachstumsphase von April bis Juni,
- geringes Wasserspeichervermögen im Oberboden (Tiefe 0-30 cm: 40-50 mm) und im Unterboden (Tiefe 30-80 cm: 60-80 mm),
- geringes Nährstoffspeichervermögen aufgrund des geringen Humus- und Tongehaltes und der geringen Kationenaustauschkapazität,
- hohes Risiko der Nährstoffauswaschung,
- geringes Säureneutralisationsvermögen, hohes Risiko der Bodenversauerung,
- Neigung zur Verschlämmung aufgrund des geringen Ton- und Humusgehaltes,
- Risiko für Wind- und Wassererosion.

2. Dauerfeldversuche und Demonstrationsanlagen am Standort Berlin-Dahlem

2.1 Übersicht und zentrale Forschungsthemen

Am Standort Berlin-Dahlem befinden sich¹:

- der „Statische Dauerversuch Bodennutzung“ (BDa_D3, seit 1923),
- der „Internationale Organische Stickstoffdauerdüngungsversuch“ (BDa_IOSDV, seit 1984),
- das „Agrarmeteorologische Ertragsmessfeld“ (BDa_E-Feld, seit 1953),
- die langjährige „Arten und Sortendemonstration von landwirtschaftlichen Kulturpflanzen im Ackerbau“ (BDa_Sortimente, seit 1987).

Weiterhin befinden sich hier die Demonstrationsanlage „Energiepflanzen“, eine umfangreiche Artendemonstration von Gewürz- und Arzneipflanzen sowie jährlich wechselnde Demonstrationsanlagen zu Futterpflanzensortimenten und den wichtigsten Zwischenfrüchten. Sie sind nicht Gegenstand dieser Broschüre.

Zu den wichtigsten Fragestellungen des Dauerversuchs- und Beobachtungsprogramms am Standort Berlin-Dahlem gehören:

- Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit und Nährstoffeffizienz auf Sandböden durch verschiedene Bewirtschaftungsmaßnahmen, insbesondere durch organische und/oder mineralische Düngung,
- Ertragsentwicklung und Ertragssicherheit in Abhängigkeit von langfristigen Änderungen im Nähr- und Kohlenstoffhaushalt des Bodens,
- Einfluss des Witterungsverlaufs auf Wachstum, Entwicklung und Ertragsbildung von Kulturpflanzen,
- Einfluss von Klimaänderungen auf die Ertragssicherheit und Anbauwürdigkeit von Kulturpflanzen.

¹ siehe Abbildung im Broschürendeckel

Auch wenn die Versuchsfaktoren über Jahrzehnte konstant gehalten werden müssen und somit die veränderten Bedingungen der landwirtschaftlichen Produktion nicht in vollem Umfang repräsentieren können, tragen Dauerfeldversuche zur Klärung grundsätzlicher, aber auch aktueller Fragestellungen bei.

Ausgewählte aktuelle Themenbereiche, die im Rahmen des Dauerversuchs- und Beobachtungsprogramms durch interne und externe Forschergruppen bearbeitet werden, sind:

- Langfristige Effekte unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen auf Bodenqualität und Bodenfunktionen von Sandböden; Überprüfung der Aussagekraft von Indikatoren der Bodenqualität (z.B. C_{org} -Gehalt, Lagerungsdichte); Zusammensetzung des Edaphons; Kennwerte der Regenwurmpopulation, Analyse von Nahrungsnetzen im Boden;
- Ableitung von standort- und bewirtschaftungsspezifischen Grenzwerten (z.B. für die C-Sequestrierung im Boden) und Potenzialen (z.B. Bewertung des Phosphor-Austragspotenzials);
- Bilanzierung und Bewertung des standort- und bewirtschaftungsspezifischen Fließgleichgewichtes im Stoffhaushalt des Bodens unter dem Aspekt des Ertragspotenzials und der Rückführung organischer Substanz, des Boden- und Umweltschutzes und des Klimawandels;
- Auswirkung langfristiger Bewirtschaftung auf den Nährstoffhaushalt besonders im Unterboden sowie auf die Erschließung von Nährstoffressourcen im Wurzelraum von Kulturpflanzen;
- Überprüfung von innovativen Bodenuntersuchungsmethoden zur Differenzierung der Phosphor-Bindungsformen im Boden;
- Kalibrierung von Methoden der nicht-invasiven Bodenuntersuchung;
- Nachwirkung unterschiedlicher Bodennutzung; Entwicklung von Boden, Fauna und Flora nach Beendigung langfristiger Bodennutzung;
- Einfluss von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf physikalische Bodeneigenschaften in Beziehung zum Bodenwasserhaushalt;

2.2 Statischer Versuch Bodennutzung

Anlagejahr: 1923

Forschungsthema:

Untersuchung des Einflusses langjähriger Stallmistdüngung und unterlassener mineralischer P-Düngung in Wechselwirkung mit Kalkdüngung, unterschiedlicher Pflugtiefe und Fruchtfolge auf Bodenfruchtbarkeit und Ertragsleistung eines Sandbodens.

Versuchsabschnitte und Zielstellungen

Der Statische Dauerversuch Bodennutzung (BDa_D3) ist mit einer Laufzeit von mehr als 90 Jahren der älteste Dauerversuch in Deutschland auf Sandboden. Er wurde im Jahre 1923 von *Kurt Opitz*, dem Inhaber des Lehrstuhls für Acker- und Pflanzenbau an der damaligen Landwirtschaftlichen Hochschule Berlin, angelegt. Dieser wie auch die später in den 1930er bis 1940er Jahren in Thyrow angelegten Dauerfeldversuche dienten dem Ziel, die Produktivität der in der Region verbreiteten humusarmen und sorptionsschwachen Sandböden unter Einsatz neuester Verfahren der Bodenbewirtschaftung, insbesondere der organisch-mineralischen Düngung, der Bodenbearbeitung und der Fruchtfolge zu erhöhen.

Der Statische Versuch Bodennutzung gliedert sich in vier Abschnitte:

1923 – 1938:

Der Versuch wurde mit den drei Faktoren „Pflugtiefe“, „Kalkdüngung“ und „Phosphordüngung“ angelegt. Es sollte geklärt werden, ob durch Kalkdüngung die Mobilität des Bodenphosphates und die pflanzliche Verwertung des gedüngten Phosphates verbessert wird und wie sich unterschiedliche Pflugtiefen bei normaler bzw. fehlender Kalkversorgung auf die Ertragsleistung verschiedener standortüblicher Kulturarten auswirken.

1939 – 1966:

Im Jahr 1939 wurde der Prüffaktor „Stallmistdüngung“ erweitert, womit der Bedeutung organischer Düngung für die Humusversorgung und für die Ertragssteigerung auf Sandböden Rechnung getragen wurde. Höhe und Häufigkeit der Kalkung waren zwecks Vermeidung von Überkalkung geringer als im ersten Versuchsabschnitt.

1967 – 2013:

Im Jahr 1967 wurde der Prüffaktor Fruchtfolge eingeführt. Der Vergleich einer permanenten Getreidefolge (Winterroggen – Winterweizen – Hafer – Winterweizen) mit einem ständigen Blattfrucht-/Halmfruchtwechsel (Futtermübe – Winterweizen – Kartoffel – Winterweizen) sollte klären, inwieweit sich reiner Getreidebau auf einem sorptionsschwachen und nährstoffarmen Sandstandort unter dem Aspekt Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und Pflanzengesundheit realisieren lässt.

Ab 2014:

Im Jahr 2014 erfolgte aus verschiedenen Gründen die Umstellung des Versuches. Auf einer Hälfte (D3a, ehemaliger Block 1 bis 3) wurde die bisherige Bewirtschaftung eingestellt und Deutsches Weidelgras etabliert, welches regelmäßig gemäht und gemulcht wird. Geprüft wird die Nachwirkung der bisherigen Bewirtschaftung auf die Resilienz bzw. Folgeentwicklung des Systems Boden-Pflanze unter extensiver Bewirtschaftung. Auf der anderen Versuchshälfte (D3b, ehemaliger Block 4 bis 6) erfolgt die Bewirtschaftung wie bisher unter Eliminierung des Versuchsfaktors Fruchtfolge einheitlich mit einem Fruchtwechsel von Silomais - Winterroggen .

Nach mehr als 60 Jahren Laufzeit fand im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsprojektes eine komplexe Auswertung des Versuches statt. Die Ergebnisse, die neben Ertragsdaten eine große Anzahl bodenchemischer,

bodenbiologischer und bodenphysikalischer Größen im Ober- und Unterboden berücksichtigt, sind durch Krzysch et al. (1992) publiziert.

Gegenwärtig stehen die langfristigen Wirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftung besonders auf den Zustand des Unterbodens und dessen Erschließung durch die Pflanzenwurzel und durch Bodentiere im Fokus des Interesses. Es laufen Untersuchungen sowohl interner als auch externer Forschungsgruppen im Rahmen von mehreren Drittmittelprojekten, wie

- „MeKop – Entwicklung eines mechanischen Kombinationspenetrometers“ (HU, FG Acker- und Pflanzenbau).
- „Soil³ - Nachhaltiges Unterbodenmanagement“ (BonaRes-Programm des BMBF, Universität Bonn),
- „Innovative solutions to sustainable Soil Phosphorous Management. (InnoSoilPhos)“ (BonaRes-Programm des BMBF, Forschungszentrum Jülich).

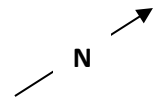
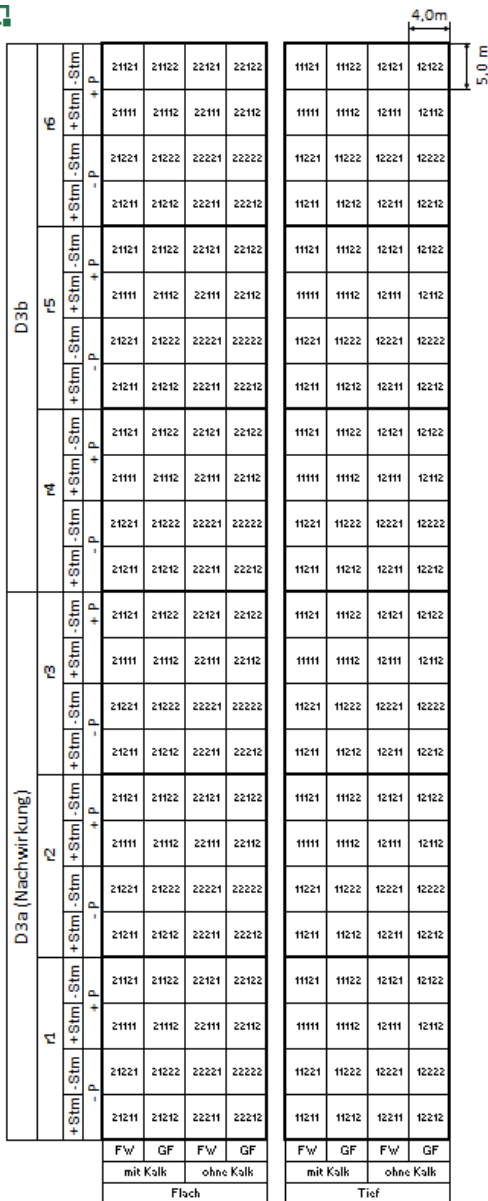
Versuchsfaktoren und Faktorstufen

Faktor		Faktorstufen	
A	Pflugtiefe (ab 1923)*	a1	Tief ca. 28 cm (T)
		a2	Flach ca. 17 cm (F)
B	Kalkdüngung (ab 1923)	b1	mit Kalk (+Kalk)
		b2	ohne Kalk (-Kalk)
C	Phosphordüngung (ab 1923)	c1	mit Phosphor (+P)
		c2	ohne Phosphor (-P)
D	Organische Düngung (ab 1939)	d1	mit Stallmist (+Stm)
		d2	ohne Stallmist (-Stm)
E	Fruchtfolge (1967-2013) / Fruchtfolgenachwirkung (ab 2014)	e1	Fruchtwechsel (FW)
		e2	Getreidefolge (GF)

*Für Feld D3a: Alle Faktoren als Nachwirkung

Versuchsanlage

1



Legende:

- Ziffer: Pflugtiefe
 - ... tief (28 cm)
 - ... flach (17 cm)
- Ziffer: Kalk
 - ... mit Kalk
 - ... ohne Kalk
- Ziffer: P-Düngung
 - ... mit P
 - ... ohne P
- Ziffer: Stallmist
 - ... mit Stallmist
 - ... ohne Stallmist
- Ziffer: Fruchtfolge (bis 2013)
 - ... Fruchtwechsel
 - ... Getreidefolge

Versuchsdesign und Versuchsdurchführung Teilschlag D3a:

Zahl der Prüfglieder:	32 (Nachwirkung)
Zahl der Wiederholungen:	3
Zahl der Teilstücke:	96
Teilstückgröße (z. Anlage):	20 m ²
Versuchsanlage:	Spalt-/Streifenanlage [(A/B/E) + (C/D)] – BI (nicht randomisiert)
Prüfmerkmale Pflanze:	Artenzusammensetzung
Prüfmerkmale Boden:	pflanzenverfügbare Nährstoffe, pH, C _t , N _t
Versuchsfrucht:	Deutsches Weidelgras

Versuchsdesign und Versuchsdurchführung Teilschlag D3b:

Zahl der Prüfglieder:	16
Zahl der Wiederholungen:	3
Zahl der Teilstücke:	48*
Teilstückgröße (z. Anlage):	40 m ²
Versuchsanlage:	Spalt-/Streifenanlage [(A/B) + (C/D)] – BI (nicht randomisiert)
Prüfmerkmale Pflanze	Bestandsentwicklung, Ertrag, Ertragsstruktur, Nährstoffgehalt (Haupt- und Nebenprodukt)
Prüfmerkmale Boden	pflanzenverfügbare Nährstoffe (P, K, Mg), pH, C _t , N _t
Fruchtfolge (ab 2014):	Silomais – Winterroggen

*Merkmalserfassung erfolgt bis zum Ausgleich der vorangegangenen unterschiedlichen Fruchtfolgewirkung für die ehemaligen Parzellen jeweils getrennt.

Düngung:

Kultur	N	P	K	CaO _{Äqu}	Stallmist
					t ha ⁻¹ (FM)
Silomais	120	20	120	520	30
Winterroggen	80	20	100	0	0

Nährstoffzufuhr mit 30 t ha⁻¹ Stallmist im Mittel von zwei Anwendungsjahren (kg ha⁻¹): N 165, P 40, K 141, Mg 32, Ca 104.

Ergebnisse

Erträge

Tabelle 3: Mittlere Erträge (dt ha⁻¹)*, 2007- 2014

Prüfglied				Winterweizen, 86 % TS		Silomais, TM
A	B	C	D	Korn	Stroh	Ganzpflanze
T	+Kalk	+P	+Stm	53,4	53,2	151,3
T	+Kalk	+P	-Stm	45,8	45,6	143,0
T	+Kalk	-P	+Stm	51,6	51,5	145,2
T	+Kalk	-P	-Stm	46,4	47,1	132,2
T	-Kalk	+P	+Stm	21,4	40,2	129,0
T	-Kalk	+P	-Stm	10,6	17,6	104,4
T	-Kalk	-P	+Stm	16,7	32,3	111,3
T	-Kalk	-P	-Stm	4,6	7,7	66,9
F	+Kalk	+P	+Stm	54,2	54,4	167,6
F	+Kalk	+P	-Stm	48,2	49,8	152,6
F	+Kalk	-P	+Stm	55,5	54,1	163,8
F	+Kalk	-P	-Stm	49,4	47,4	147,2
F	-Kalk	+P	+Stm	32,1	36,5	145,5
F	-Kalk	+P	-Stm	5,6	7,6	84,6
F	-Kalk	-P	+Stm	22,5	27,8	112,0
F	-Kalk	-P	-Stm	1,0	2,7	35,7

*je Kultur 4 Jahre, nur Parzellen mit Fruchtwechsel; fettgedruckt: Maximalertrag

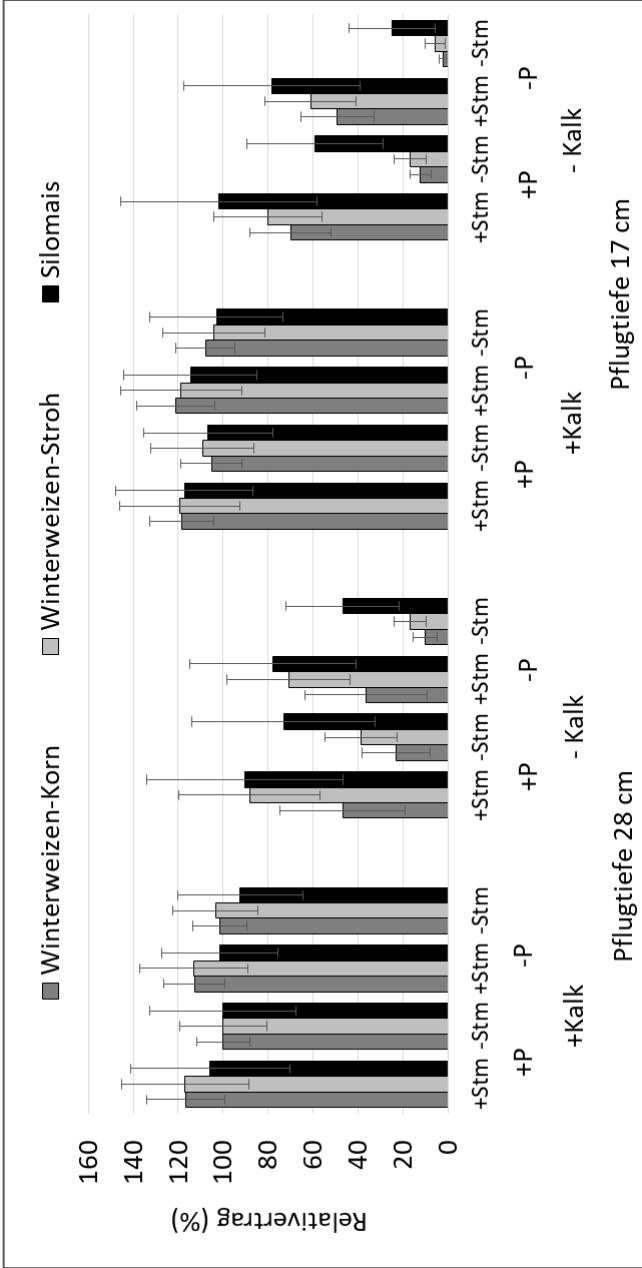


Abbildung 2:
 Relativertrag von Winterweizen und Silomais bezogen auf das Prüfglied Tief / +Kalk / +P / -Stm unter Fruchtwechsel im Mittel von vier Anbaujahren (Zeitraum 2007-2014; Fehlerbalken: SD)

Erwartungsgemäß reagieren Winterweizen und Silomais sehr unterschiedlich auf den Komplex aller geprüften Bewirtschaftungsmaßnahmen (Tab. 3, Abb. 2).

Den größten Ertragseffekt hat die Kalkdüngung. Unterlassene Kalkung führt zu einem Ertragsausfall von bis zu 90 % besonders bei Winterweizen (Korn > Stroh), geringfügiger bei Silomais. Stallmistdüngung, P-Düngung und flaches Pflügen können die Ertragseinbußen durch unterlassene Kalkung nur teilweise kompensieren.

Flaches Pflügen wirkt sich bei ausreichender Nährstoffzufuhr und Kalkdüngung tendenziell positiv auf die Erträge beider Fruchtarten aus, wobei der Silomais stärker reagiert als der Winterweizen.

Langfristig unterlassene P-Zufuhr (Prüfglieder ohne P, ohne Stallmist, mit Kalk) hat sich bisher nicht negativ auf den Weizenertrag ausgewirkt. Für Silomais liegen bei tiefem Pflügen im Vergleich zur Variante mit P-Düngung die Erträge um 9 % niedriger.

Stallmistdüngung führt zu einem Ertragsanstieg um bis zu 20 % in den gekalkten Prüfgliedern und um bis zu 40 % in den ungekalkten Prüfgliedern, wobei die maximale Wirkung bei Winterweizen erzielt wird. Dieser Ertragsanstieg wird zum Hauptanteil auf die zusätzliche Nährstoffzufuhr (NPK) von 60-100 % im Vergleich zur reinen Mineraldüngungsvariante bedingt sein. Gleichzeitig erfolgt durch die organische Düngung ein nicht unerheblicher Input an basisch wirkenden Kationen (Mg, Ca); ebenso wäre eine erhöhte Mikronährstoffzufuhr, der auf den silkatarmen Sandböden eine besondere Bedeutung zukommt, anzunehmen.

Ergebnisse der Bodenuntersuchung

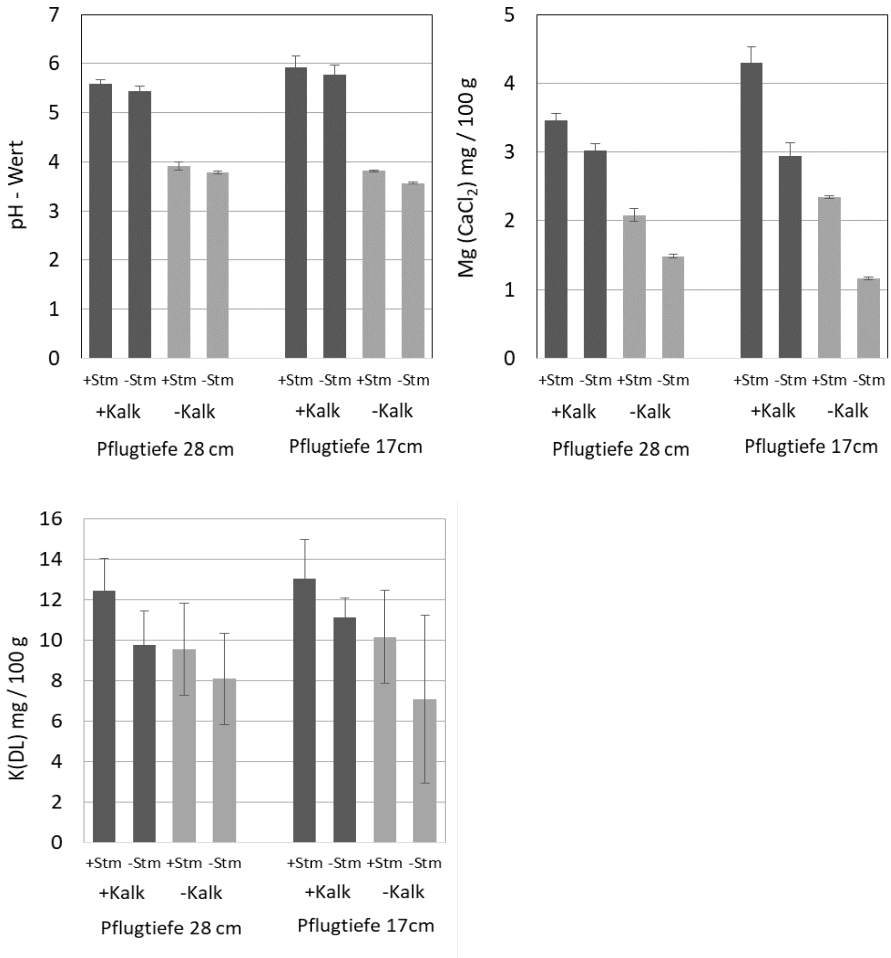


Abbildung 3: pH – Wert (in CaCl₂), CaCl₂-lösliches Mg und pflanzenverfügbares K (DL-Methode) im Pflughorizont unter Fruchtwechsel, 2009-2014 (Fehlerbalken: SD)

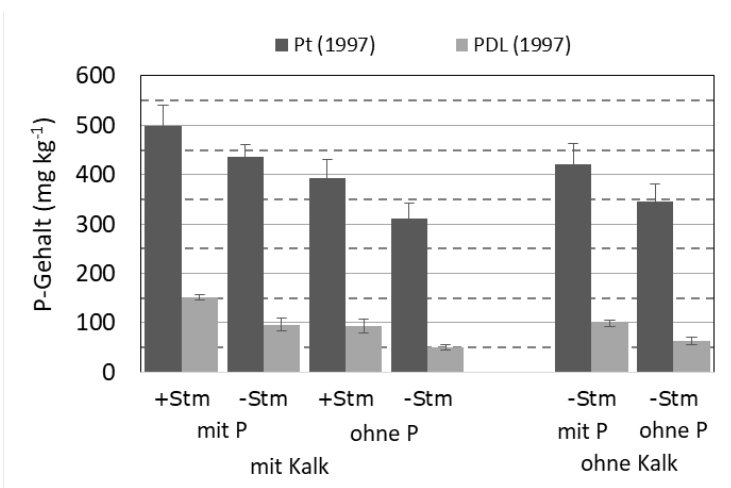


Abbildung 4: Gesamt-P (P_t) und pflanzenverfügbares Phosphat (P_{DL}) im Pflughorizont (tief gepflügt, Fruchtwechsel) (Fehlerbalken: SD)

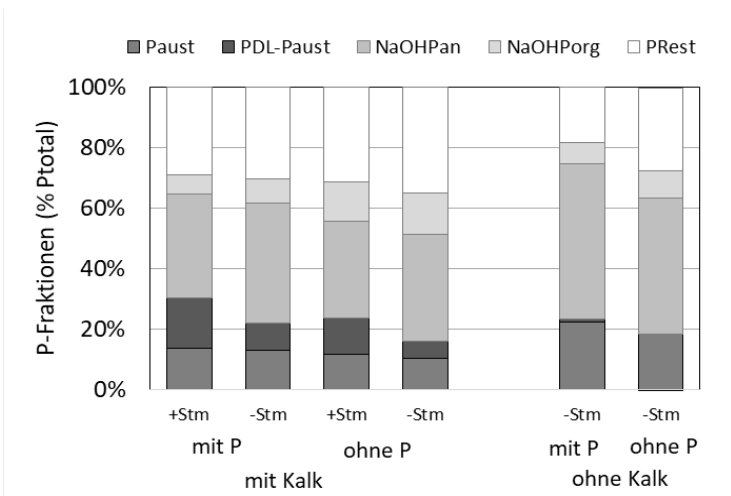


Abbildung 5: Anteil der P-Fractionen am Gesamt-P-Gehalt im Pflughorizont, tief gepflügt (P_{aust} : austauschbares P, P_{DL} : pflanzenverfügbares P, P_{NaOH} : Fe-/Al-assoziertes anorganisches bzw. organisches P, P_{Rest} : nicht extrahiertes Rest-P) (Daten Schweitzer, 1997)

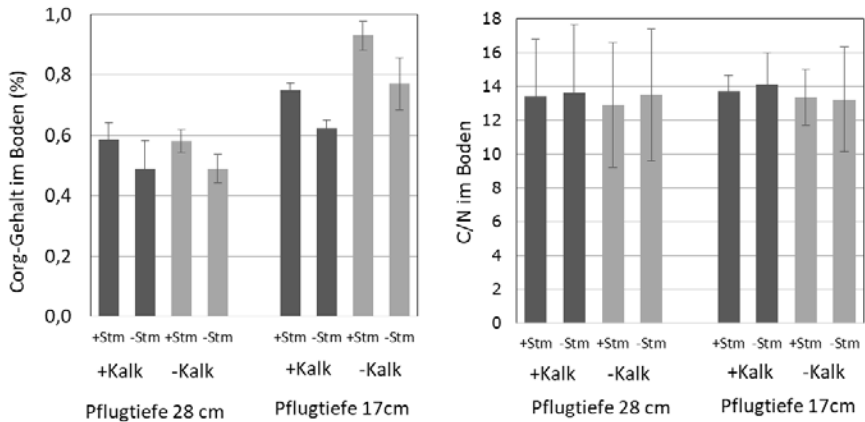


Abbildung 6: C_{org}-Gehalt (%) und C/N-Verhältnis im Pflughorizont unter Fruchtwechsel, 2009 - 2014 (Fehlerbalken: SD)

Unterlassene Kalkung bewirkt die Abnahme des pH-Wertes auf Werte < 4. Auch die Gehalte an löslichem Mg und pflanzenverfügbarem K sowie der Gesamt-P-Gehalt sind bei unterlassener Kalkung geringer (Abb. 3, 4), obwohl aufgrund der geringeren Erträge und den damit geringeren Nährstoffentzügen höhere Mg, K- und P-Gehalte anzunehmen wären. Die geringen Nährstoffgehalte sind vermutlich auf eine verstärkte Mobilisierung und Auswaschung infolge der extremen Bodenversauerung zurück zu führen.

Seit über 90 Jahren unterlassene P-Zufuhr führte erwartungsgemäß zu geringeren P_{DL}-Gehalten von < 5 mg (100 g)⁻¹ im Pflughorizont und tendenziell zur Abnahme des Anteils leichter löslicher P-Verbindungen am Gesamt-P (Abb. 4, 5). Sie hat aber nur einen geringen bis gar keinen negativen Ertragseffekt (Abb. 2), was ein Indiz für die hohe P-Nachlieferung aus den P-Reserven des Bodens ist. Die Löslichkeit des Bodenphosphates wird außerdem durch Kalkung (negativ), aber auch durch Stallmistdüngung (positiv) beeinflusst, wie der geringere bzw. höhere Anteil des

austauschbaren oder DL-löslichen P am Gesamt-P zeigen. Hinsichtlich der Bedeutung für den Ertrag ist der Einfluss von Stallmistdüngung und Kalkung auf die relative Löslichkeit des Phosphates eher untergeordneter Bedeutung, verglichen mit ihrem Einfluss auf den pH-Wert oder auf die Nährstoffzufuhr.

Der C_{org} -Gehalt im Pflughorizont (Abb. 6) wird durch die Stallmistdüngung erwartungsgemäß positiv beeinflusst. Die Unterschiede betragen 0,09 – 0,16 % (absolut). Stärker als die Stallmistdüngung wirkt sich jedoch die unterschiedliche Pflugtiefe aus. Bei flachem Pflügen haben sich um 0,13 – 0,35 % (absolut) höhere C_{org} -Gehalte als bei tiefem Pflügen eingestellt.

Insgesamt ist flaches Pflügen hinsichtlich der Ertragswirkung offenbar in Wechselwirkung mit höheren C_{org} - und Nährstoffkonzentrationen in den oberen 17 cm des Bodens mindestens gleichwertig mit dem tiefen Pflügen. Der mit dem tieferen Pflügen verbundene höhere Energieaufwand erscheint zumindest für Sandböden wenig effizient.

2.3 Internationaler Organischer Stickstoffdauerdüngungsversuch

Anlagejahr: 1984

Forschungsthema

Einfluss langjährig differenzierter organischer und mineralischer Stickstoffdüngung bei definierter Fruchtfolge und Bewirtschaftung auf die Bodenfruchtbarkeit und Ertragsleistung landwirtschaftlicher Kulturen am Standort Berlin-Dahlem im überregionalen Vergleich europäischer Ackerstandorte.

Versuchsabschnitte und Zielstellungen

Der *Internationale Organische Stickstoff-Dauerdüngungsversuch* (BDa_IOSDV) wurde im Jahr 1984 von *Paul Limberg* auf Anregung von *Eduard v. Boguslawski* im Rahmen einer Versuchsreihe der Arbeitsgruppe Bodenfruchtbarkeit in der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft (IUSS) angelegt. Ziel dieser Versuchsreihe ist es, auf der Grundlage eines gemeinsam durchgeführten Versuchskonzeptes Bodenfruchtbarkeit und Produktivität von rund 15 Standorten im gesamteuropäischen Raum vergleichend zu analysieren. Es sollen Veränderungen der Bodeneigenschaften und Ertragsleistung in Folge von differenzierten Maßnahmen der mineralischen und organischen N-Düngung erfasst und standortübergreifend ausgewertet werden.

Die Versuchsserie wurde mit ursprünglich 22 Versuchen in 11 Ländern angelegt. Der Aufbau der Versuche ist an allen Standorten weitgehend identisch: In einer dreifeldrigen Fruchtfolge (Blattfrucht/Wintergetreide/Sommergetreide) mit standorttypischen Kulturarten (einheitlich: als Sommergetreide Sommergerste) und Sorten kommen unterschiedliche Kombinationen organischer und mineralischer Stickstoffdüngung zur Anwendung. Die Prüfmerkmale an Pflanze und Boden und teilweise auch deren Untersuchungsmethodik sind standardisiert.

Weitere Fragestellungen, die am IOSDV / Berlin-Dahlem untersucht werden, sind:

- N-Bilanzierung im System Boden-Pflanze und Ableitung der ertrags- und qualitätswirksamen Stickstoffgaben, die auf dem sorptionsschwachen Dahlemer Sandboden ökologisch vertretbar sind;
- Änderungen der chemischen und biologischen Bodeneigenschaften in Wechselwirkung mit der Ertragsleistung der Kulturpflanzen; insbesondere die Wechselwirkung von Humusgehalt und Ertragsleistung (spezifische Humuswirkung);
- Substitution der Stallmistdüngung durch Stroh- und Gründüngung;
- Einfluss unterschiedlicher organischer und mineralischer N-Düngung auf die Ertragsbildung, Ertragsleistung und Qualität des Erntegutes.

Der IOSDV in Berlin-Dahlem gliedert sich in zwei Versuchsabschnitte:

1984-2008:

Entsprechend dem international abgestimmten Versuchsdesign kommt als organische Düngung Stallmist im Vergleich zur kombinierten Rübenblatt + Stroh-/Gründüngung zum Einsatz. Hintergrund dieser organischen Düngung ist die Annahme eines viehhaltenden bzw. eines viehlosen Marktfruchtbetriebes. Die Rübenblatt- und Strohdüngung sind in ihrer Höhe festgelegt. Zu diesem Abschnitt liegen vielfältige Publikationen vor.

Ab 2009:

Die Rübenblattdüngung wird durch eine zweite Stroh-/Gründüngung ersetzt, das Stroh verbleibt jeweils in Höhe der geernteten Menge auf den Versuchspartellen und wird kurz nach der Ernte eingearbeitet. Durch diese Änderung ist es möglich, den Kreislauf der organischen Substanz über die komplexe Wechselwirkung von Mineral-N-Düngung - Ertrag - Rückführung organischer Substanz - Mineralisationsprozesse im Boden auszuwerten. Ab 2016 wurde aus arbeitstechnischen Gründen die Kartoffel durch den Silomais ersetzt.

Versuchsfaktoren und Faktorstufen

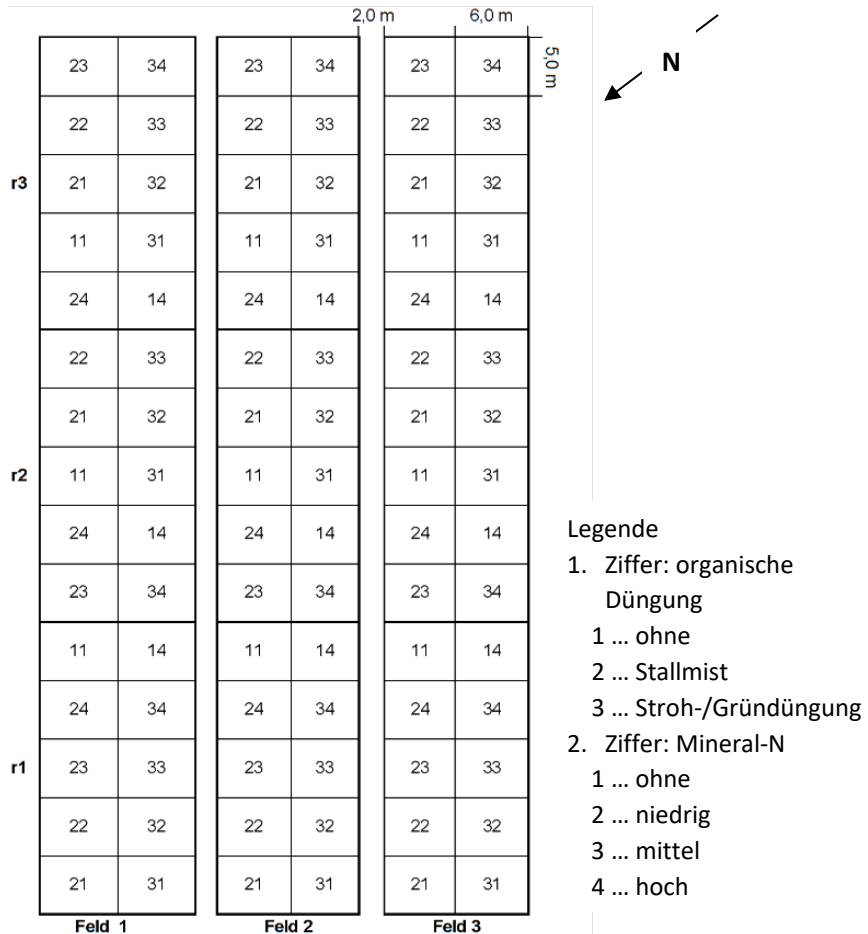
Faktor		Faktorstufen		
A	Organische Düngung	a1	ohne org. Düngung	Serie A*
		a2	Stallmistdüngung	Serie B
		a3	Stroh-/Grümdüngung	Serie C
B	Mineralische N-Düngung	b1	ohne N-Düngung	Stufe N0
		b2	niedrige N-Düngung	Stufe N1
		b3	mittlere N-Düngung	Stufe N2
		b4	hohe N-Düngung	Stufe N3

*in Serie A nur Stufen N0 und N3

Versuchsanlage und Versuchsdurchführung

Zahl der Prüfglieder:	10
Zahl der Wiederholungen:	3
Zahl der Versuchsfelder:	3
Zahl der Teilstücke:	90
Teilstückgröße (z. Anlage):	30 m ²
Versuchsanlage:	Versuch mit Landwechsel, Spaltanlage [(A/B/C)– BI (Randomisation eingeschränkt)
Prüfmerkmale Pflanze:	Bestandsentwicklung, Ertrag und Ertragsstruktur, Nährstoffgehalte im Haupt- und Nebenprodukt
Prüfmerkmale Boden	C _{org} -, N _t -Gehalt

Versuchsanlage



Fruchtfolge

1984 - 2008: Kartoffel - Winterweizen - Sommergerste + ZF*

2009 - 2016: Kartoffel - Winterweizen +ZF - Sommergerste +ZF

ab 2017: Silomais - Winterweizen +ZF - Sommergerste +ZF

* ZF ... Zwischenfrucht

Versuchsfrucht ab Anbaujahr 2016/2017

Feld 1: Silomais

Feld 2: Winterweizen / Phacelia

Feld 3: Sommergerste / Ölerrettich

Organische Düngung (t ha⁻¹ FM) und Mineral-N-Düngung (kg ha⁻¹) ab 2009

Düngung	Kartoffel	Winterweizen	Sommergerste
<u>Serie A</u>			
Ohne org. Düngg.	0	0	0
<u>Mineral-N:</u>			
Stufe N0	0	0	0
Stufe N3	150 (60+90)	160 (60+60+40)	120 (40+50+30)
<u>Serie B</u>			
Stallmistdüngung	30	0	0
<u>Mineral-N:</u>			
Stufe N0	0	0	0
Stufe N1	60 (60+0)	60 (20+40+0)	40 (40+0+0)
Stufe N2	100 (60+40)	110 (40+40+30)	80 (40+40+0)
Stufe N3	150 (60+90)	160 (60+60+40)	120 (40+50+30)
<u>Serie C</u>			
Stroh mit N- Ausgleich und Gründüngung *	nach Aufwuchs N: 10 kg t ⁻¹ Stroh	0	nach Aufwuchs N: 10 kg t ⁻¹ Stroh
<u>Mineral-N:</u>			
Stufe N0	0	0	0
Stufe N1	60 (60+0)	60 (20+40+0)	40 (40+0+0)
Stufe N2	100 (60+40)	110 (40+40+30)	80 (40+40+0)
Stufe N3	150 (60+90)	160 (60+60+40)	120 (40+50+30)

*N-Ausgleichsdüngung zu Stroh erfolgte 2009-2016 nicht in Kombination mit der Stufe N0; Nährstoffzufuhr (kg ha⁻¹) mit 30 t ha⁻¹ Stallmist im Mittel von 7 Anwendungsjahren: N 199, P 51, K 176, Mg 42, Ca 160

Grunddüngung (kg ha⁻¹)

Fruchtart	P	K	CaO _{Äqu}
Kartoffel	26	166	0
Winterweizen	26	100	0
Sommergerste	26	100	560
Zwischenfrüchte	0	0	0

Ergebnisse des zweiten Versuchsabschnittes (2009 – 2016)

Ertrag und Stickstoffbilanz

Unter den gegebenen Bedingungen der N-Zufuhr schöpft der Winterweizen sein Ertragspotenzial nicht aus. So sind bis zur maximalen N-Zufuhr von > 160 kg ha⁻¹ in den mineralisch-organisch gedüngten Varianten noch deutliche Mehrerträge möglich (Abb. 7).

Die Wirkung der Stallmistdüngung (Serie B) auf den Ertrag ist der Wirkung der mineralischen Düngung (Serie A) erwartungsgemäß deutlich unterlegen. Obwohl im Jahr der Stallmistdüngung bei ausschließlicher Stallmistdüngung (BN0) mehr N, P und K zur Verfügung stehen als durch die reine Mineral-Düngung der hohen N-Variante (AN3), beträgt der Ertrag der Kartoffelknollen nur 57 % der Variante AN3. Die Nachwirkung der Stallmistdüngung erzielt im ersten und zweiten Folgejahr 35 % des Ertrages bei Winterweizenkorn bzw. 54 % bei Sommergerstenkorn. Stallmistdüngung wirkt tendenziell stärker auf den Strohertrag als auf den Kornertrag (Abb. 7).

Die Ausnutzung des Stallmist-N ist schlecht (Tab. 4). Der hohe N-Überschuss im Jahr der Stallmistdüngung kann durch die folgenden Getreidekulturen nicht aufgenommen werden, so dass am Ende der Rotation ein N-Saldo von > 70 kg ha⁻¹ N bestehen bleibt (Abb. 8).

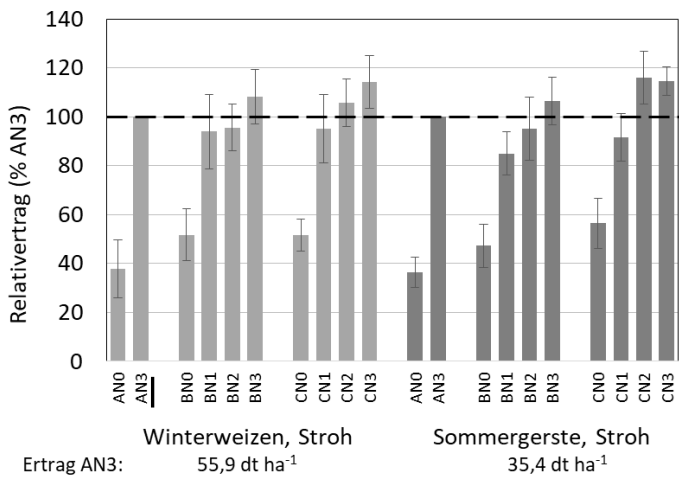
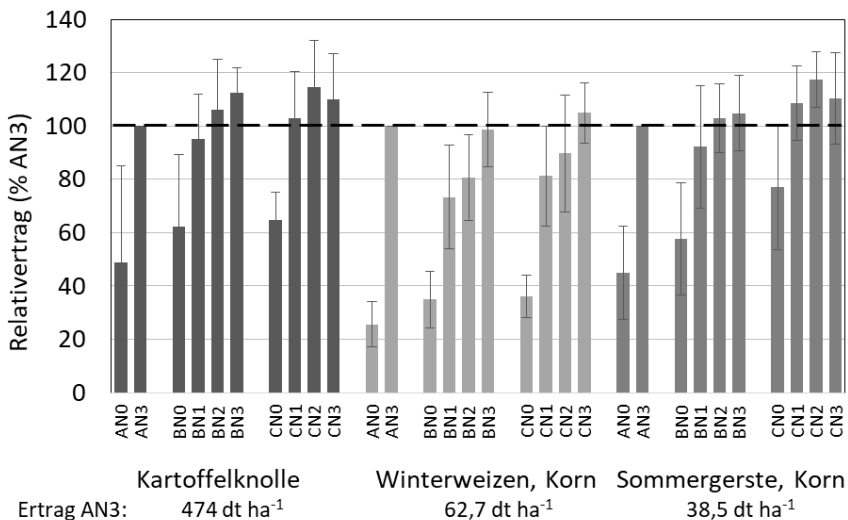


Abbildung 7: Relativerträge Kartoffelknolle (Frischmasse) sowie Getreidekorn und -stroh (86 % TS) bezogen auf das Prüfglied AN3 im Mittel der Jahre 2011-2016 (Fehlerbalken: SD)

Tabelle 4: Jahres-N-Bilanz (kg ha⁻¹) und N-Effizienz (%) im Rotationsmittel*

Prüf- glied	Netto-N-Zufuhr			Netto-N-Abfuhr (Hauptfrucht)		N- Saldo	N- Effiz.	N- Recycling	
	MD**	NA	Stm	HP	KP			Str	ZF
AN0	0	0	0	25	4	-29		0	0
AN3	143	0	0	107	17	19	87	0	0
BN0	0	0	66	36	5	26	61	0	0
BN1	53	0	66	67	9	44	64	0	0
BN2	97	0	66	90	12	61	63	0	0
BN3	143	0	66	112	19	79	63	0	0
CN0	0	0	0	46	0	-46		5	9
CN1	53	25	0	78	0	0	100	10	27
CN2	97	29	0	104	0	21	83	15	31
CN3	143	30	0	126	0	48	72	22	37

* Mittel der Jahre 2013 und 2015; **MD ... Mineraldünger-N, NA ... N-Ausgleich zu Stroh, Stm ... Stallmist, HP ... Hauptprodukt, KP ... Koppelprodukt, Str... Stroh, ZF ... Zwischenfrucht

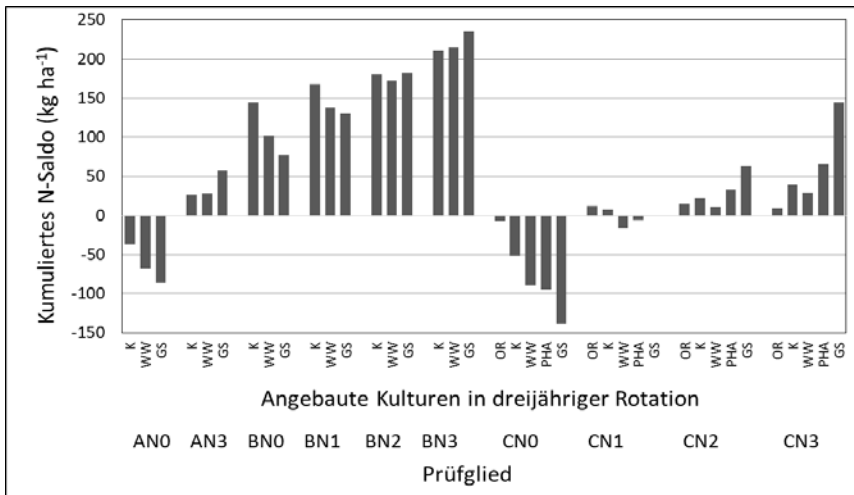


Abbildung 8: N-Saldo, kumuliert über die Fruchtfolge, 2013 - 2015 (K...Kartoffel, WW... Winterweizen, GS...Sommergerste, OR...Ölrettich, PHA...Phacelia).

Maximale Korn- und Knollenerträge werden durch angepasste, ortsübliche Mineral-N-Düngung in Kombination mit Stroh- und Gründüngung erzielt (CN2 bzw. CN3 bei Winterweizen) (Abb. 7). Mehrerträge im Vergleich zur reinen Mineral-N-Düngung (AN3) dürften jedoch vor allem darauf zurückzuführen sein, dass der jeweils angebaute Kultur nach dem Einarbeiten des Strohs und der Zwischenfrucht in der Summe von Mineral-N-Düngung, N-Rückfuhr und N-Ausgleichsdüngung insgesamt mehr N zur Verfügung steht. Die N-Effizienz ist in dieser Variante nicht besser als bei reiner Mineral-N-Düngung (Tab. 4).

Zufuhr an organischer Substanz und C_{org} -Gehalt im Boden

Bezüglich der C-Speicherung im Boden führt bereits reine Mineral-N-Düngung (AN3) zu einem Anstieg des C_{org} -Gehaltes im Boden (Abb. 10).

Höhere C_{org} -Gehalte werden erwartungsgemäß bei Stallmistdüngung erzielt, allerdings sind sie verbunden mit hohen N-Überschüssen (Tab. 4).

Die Wirkung des Einarbeitens von Stroh und Zwischenfrüchten auf den C_{org} -Gehalt ist der Stallmistdüngung gleichwertig oder geringfügig überlegen - dies jedoch bei gleichzeitig höherem Input an organischer Substanz (Abb. 9). Außerdem ist zu beachten, dass das eingearbeitete Stroh für eine alternative Nutzung nicht mehr zur Verfügung steht und dass das C- und N-Recycling durch Stroh- und Gründüngung die N-Effizienz im Bereich hoher Erträge nicht verbessert.

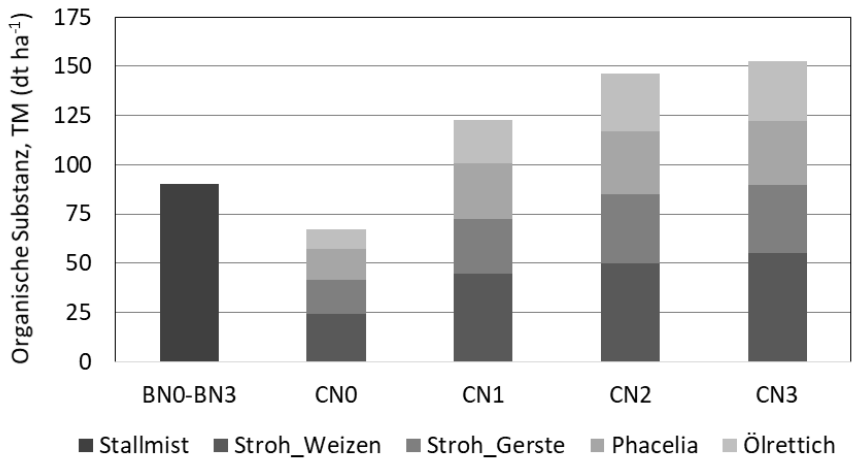


Abbildung 9: Mittlere Zufuhr an organischer Substanz je Rotation (2010-2016)

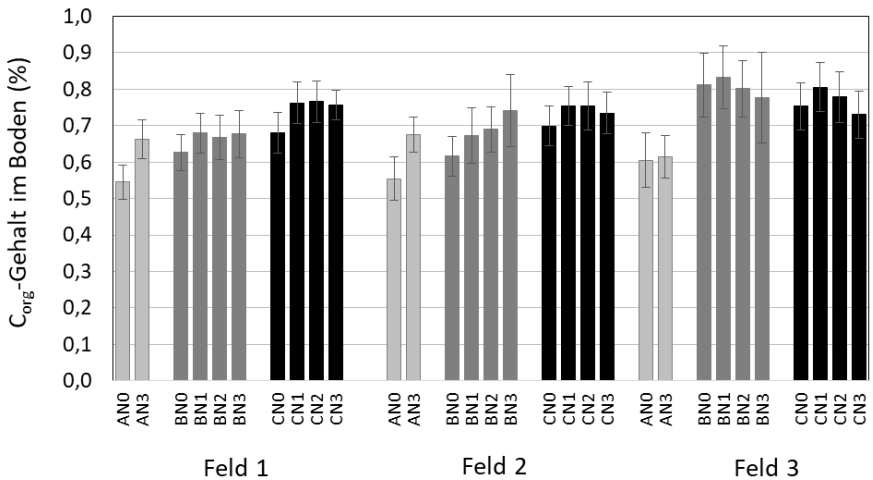


Abbildung 10: C_{org}-Gehalt im Oberboden (0-20 cm) im Mittel der Jahre 2010-2015

2.4 Agrarmeteorologisches Ertragsmessfeld (E-Feld)

Anlagejahr: 1953

Forschungsthema

Beziehungen zwischen Witterung sowie Wachstum, Entwicklung und Ertragsbildung landwirtschaftlicher Nutzpflanzen

Versuchsabschnitte und Zielstellungen

Zur Bearbeitung des Fragenkomplexes Beziehungen zwischen Witterung und Pflanze wurde im Jahr 1953 von *Ernst Tamm* das agrarmeteorologische Ertragsfeld (E-Feld) mit acht verschiedenen, in einer Fruchtfolge angeordneten Kulturarten und einer pflanzenfrei gehaltenen Basis zur Erfassung der wichtigsten meteorologischen Messgrößen und pflanzlichen Prüfmerkmale eingerichtet. Der Versuchsansatz besteht darin, die Bewirtschaftungsmaßnahmen mit Ausnahme unumgänglicher Sortenwechsel konstant gleichbleibend durchzuführen, so dass sich die von Jahr zu Jahr bei den einzelnen Arten auftretenden Unterschiede in Entwicklung und Ertragsbildung fast ausschließlich auf die Jahreswitterung zurückführen lassen.

Im Jahr 2009 wurden die im Versuch stehenden Kulturarten partiell ausgetauscht. Anstelle von Hafer, Ackerbohne und Gelber Lupine kommen nunmehr Wintergerste, Futtererbse und Winterweizen zum Anbau. Zugleich wurde die Höhe der mineralischen NPK-Düngung heutigem Kenntnisstand entsprechend angepasst.

Die Zielstellung dieses Dauerversuchs liegt in der Untersuchung von Beziehungen zwischen Witterungsverlauf sowie Wachstum, Entwicklung und Ertragsbildung landwirtschaftlicher Nutzpflanzen (Chmielewski et al. 1997, Chmielewski & Köhn 1999). Aufgrund der langen Dauer des Versuches werden in diesem Zusammenhang auch Erkenntnisse über die möglichen Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Nutzpflanze erwartet.

Weitere Fragestellungen beinhalten Untersuchungen zum Mikroklima in Nutzpflanzenbeständen, zu phänologischen Veränderungen und zur Ermittlung von Wasserbedarf und Wasserverbrauch landwirtschaftlicher Kulturarten einschließlich der Simulation von Größen des Bodenwasserhaushalts.

Versuchsdurchführung

Fruchtfolge (ab 2009):

Kartoffel - Winterroggen / Phacelia - Zuckerrübe -
Sommergerste / Ölrettich - Körnermais - Winterweizen -
Futtererbse - Wintergerste / Leguminosengemenge
(Schmalblättrige Lupine, Winterwicke)

Düngung (ab 2009)

Fruchtart	N	P	K	CaC _{Äqu}	Stallmist
<u>Hauptfrüchte:</u>					
Kartoffel	80	30	120	0	30
Winterroggen	100	0	100	0	0
Zuckerrübe	60	30	120	560	30
Sommergerste	50	20	80	0	0
Körnermais	100	30	120	0	30
Winterweizen	120	25	100	0	0
Futtererbse	0	20	80	560	0
Wintergerste	80	25	100	0	0
<u>Zwischenfrüchte:</u>					
Phacelia	40	0	0	0	0
Ölrettich	40	0	0	0	0
Blaue Lupine + Winterwicke	0	0	0	0	0

NPK-Düngung in kg ha⁻¹, organische Düngung in t ha⁻¹ FM

Bodenbearbeitung: konventionell, Tiefe 28 cm

Pflanzenschutz: konventionell, nach ortsüblichem Standard

Untersuchungen:

Kontinuierlich erfasste meteorologische Messgrößen:

Lufttemperatur (0,05; 0,2; 2 m),

Niederschlagshöhe,

relative Luftfeuchte (0,2; 2 m),

Strahlungsbilanz,

Globalstrahlung,

Sonnenscheindauer,

Windrichtung und Windgeschwindigkeit (2,5; 10 m),

Evaporation (Mai – Oktober) mittels verschiedener Evaporimeter-
typen

Bodentemperatur (5; 10; 20; 50; 100 cm)

Bodenfeuchte unter Pflanzenbestand (0-30; 30-50; 50-80 cm,
wöchentlich).

Prüfmerkmale Pflanze:

Phänologische Entwicklung,

Schädlings- und Krankheitsbefall,

Keimdichte,

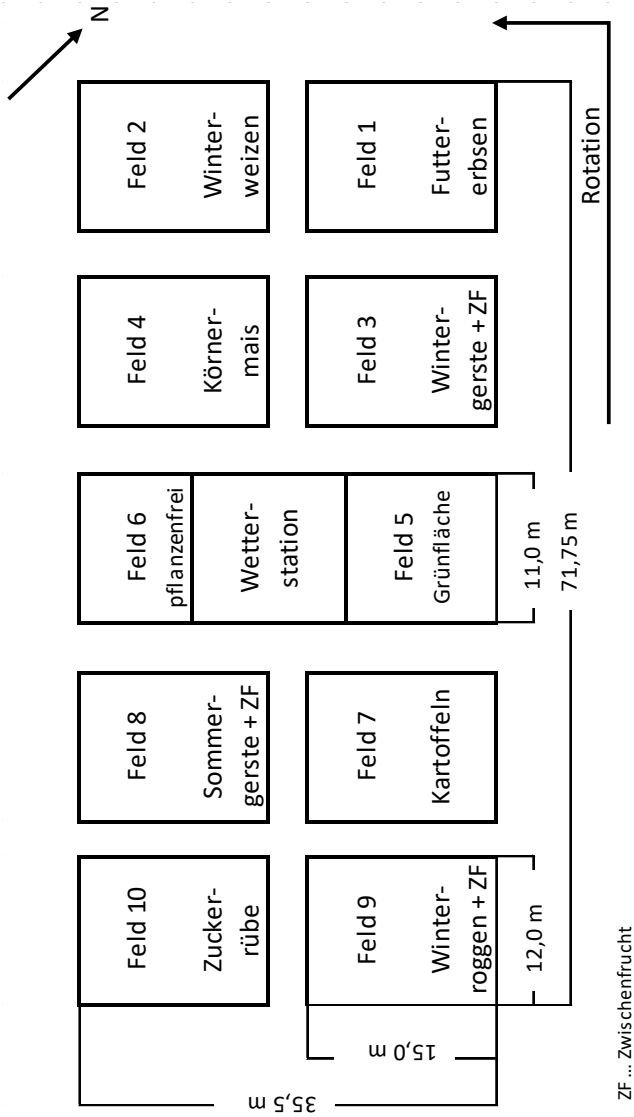
Ertrag und Ertragskomponenten

Prüfmerkmale Boden:

C_{org} , N_t (seit 2013)

Die meteorologischen Daten werden im Abstand von wenigen Sekunden automatisch erhoben und als 15min-Mittelwerte gespeichert. Bei den Nutzpflanzen erfolgt vor allem eine detaillierte Erfassung der ertragsrelevanten Entwicklungsphasen nach Eintrittszeitpunkt und Andauer sowie einer Vielzahl von Ertrags- und Qualitätsmerkmalen, an denen der Witterungseinfluss auf die Pflanze besonders gut nachvollzogen werden kann.

Versuchsanlage (Fruchtarten im Anbaujahr 2016/2017)



Ergebnisse

Entwicklung der Witterung im Zeitraum 1931-2012

Tabelle 5: Langjährige Mittelwerte ausgewählter Klimagrößen

Klimaelement	Zeitraum		
	1961 - 1990	1971 - 2000	1981 - 2010
Jahresmitteltemperatur [°C]	9,3	9,6	9,9
Sonnenscheindauer [h]	1604	1654	1706
Jährliche Niederschlagshöhe [mm]	545	540	562
Pot. Evaporation [mm]	656	672	697
Klimatische Wasserbilanz [mm]	-111	-132	-136
Frosttage ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$)	72	67	89
Eistage ($T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$)	26	21	21
Sommertage ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$)	32	35	42
Tropentage ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$)	6	7	9

Tabelle 6: Lineare Trends ausgewählter Klimagrößen und abgeleiteter Kennwerte im Beobachtungszeitraum 1931 – 2012 (82 Jahre)

Größe	Trend	
Jährliche Niederschlagshöhe [mm]	21,4/82a	
Jahresmitteltemperatur [K]	0,98/82a **	p<0,01
Herbsttemperatur [K]	0,43/82a	
Wintertemperatur [K]	2,04/82a *	p<0,05
Thermische Vegetationszeit		
Länge, L5 [d]	25,9/82a ***	p<0,001
Beginn, B5 [DOY]	-25,6/82a ***	p<0,001
Ende, E5 [DOY]	4,0/82a	

Daten: F.-M. Chmielewski, Professur Agrarklimatologie der Humboldt-Universität zu Berlin. B5 bzw. E5: Termin ab dem Lufttemperatur kontinuierlich > 5°C bzw. < 5°C (weitere Informationen: Chmielewski, 2009)

Für den Beobachtungszeitraum von 1931-2012 sind folgende Trends in den Klimagrößen erkennbar:

- Es kam zu einem signifikanten Anstieg der Jahresmitteltemperatur (0,98 grad) und der Wintertemperatur (2,04 grad).
- Die thermisch beeinflussten Parameter reagierten entsprechend mit Zunahme der Sommer- und Tropentage, Abnahme der Frost- und Eistage und Zunahme der potentiellen Verdunstung wie auch des Negativsaldos der klimatischen Wasserbilanz. Die Vegetationsperiode begann zunehmend früher und dauerte länger an.
- Die Sonnenscheindauer nahm zu (Zeitraum 1961-2010).

Die Jahresniederschlagsmenge, die Herbsttemperatur und das Ende der Vegetationsperiode haben sich nicht signifikant geändert. Frühjahrs- und Sommertemperatur wiesen einen nichtlinearen Verlauf mit einem Minimum in der Periode 1961-1990 auf.

Mehrfährige Ertragsleistung der Kulturpflanzen und Ertragsvariabilität

Tabelle 7: Mittlere Erträge im Zeitraum 2009-2015 und statistische Parameter

Fruchtart	Ertrag [dt ha ⁻¹]*				
	Mittel	Max.	Min.	s	s %
Winterroggen	75,1	89,8	64,8	12,6	16,8
Winterweizen**	47,3	77,9	31,1	15,5	32,8
Wintergerste**	57,4	76,3	39,3	14,8	25,9
Sommergerste	41,5	60,1	26,9	11,1	26,7
Körnermais	86,1	115,9	40,4	25,4	29,5
Futtererbse**	36,4	55,7	11,1	17,1	47,0
Kartoffel	412,7	515,4	267,6	96,4	23,4
Zuckerrübe	821,2	1014,3	623,4	131,2	16,5

*Angabe der Erträge: Körnerfrüchte bei 86 % TS, Kartoffel und Zuckerrübe als Frischmasse

** nach Versuchsumstellung im Jahr 2008

Unter den gegebenen Standortverhältnissen kommt einer ausgeglichenen Niederschlagsversorgung innerhalb der Vegetationszeit eine besondere Bedeutung zu. Die Nutzpflanzenarten reagierten artspezifisch differenziert auf den Verlauf der Witterung.

Getreide

Von den geprüften Wintergetreidearten zeigt der Winterroggen mit einem mittleren Kornertrag von rund 75 dt ha⁻¹ das höchste Ertragsniveau und die höchste Ertragsstabilität an diesem Standort (Tab. 7). Zum Anbau gelangte in dieser Periode ausschließlich die Hybridsorte *Visello*. Der mittlere Mehrertrag des Hybridroggens 2009-2015 beträgt im Vergleich zum Populationsroggen der Periode 1953-2008 beachtliche 32,7 dt ha⁻¹ (=77,1 %).

Winterweizen und Wintergerste liegen auf dem schwach schluffigen Sandboden mit einer mittleren Ertragsleistung von rund 47 dt ha⁻¹ bzw. 57 dt ha⁻¹ deutlich unter dem Ertragsniveau des Winterroggens. Beim Winterweizen spielt sicher eine Rolle, dass die angebaute E-Sorte *Akteur* an die Dahlemer Standortbedingungen weniger gut angepasst ist als beispielsweise eine A- oder B-Sorte.

Die Ertragsdifferenz zwischen Sommer- und Wintergetreide nimmt zu. So liegt beispielsweise das Ertragsniveau der Sommergerste inzwischen um rund 45 % unter demjenigen des Winterroggens bei deutlich geringerer Ertragsstabilität.

Körnermais

Der Körnermais weist in der Periode 2009-2015 im Vergleich zum Zeitraum 1953 - 2008 mehr als eine Verdoppelung der mittleren Ertragsleistung auf (86,1 dt ha⁻¹ gegenüber 41,2 dt ha⁻¹). Hauptursache dürfte die Einführung moderner Hybridsorten gewesen sein. Die Reduzierung des Variationskoeffizienten von rund 60 % auf 30 % deutet außerdem auf eine erheblich verbesserte Ertragsicherheit hin (Tab. 7).

Körnerleguminosen

Körnerleguminosen sind auf dem leichten Dahlemer Boden in Verbindung mit temporären Trockenperioden besonders unsicher in ihren Erträgen. Am wenigsten leidet die Futtererbse unter diesen Bedingungen. Die große Schwankungsbreite im Kornertrag von 11,1 dt ha⁻¹ bis 55,7 dt ha⁻¹ und der hohe Variationskoeffizient von 47 % weisen allerdings darauf hin, dass das Anbaurisiko nicht unerheblich ist (Tab. 7).

Kartoffeln

Im Gegensatz zum Körnermais unterscheiden sich bei der Kartoffel die beiden Anbauperioden (1953-2008 bzw. 2009-2015) im Ertragsniveau relativ wenig voneinander. Das Gleiche gilt für die Variationskoeffizienten (jeweils um 25 %). Mit durchschnittlich 413 dt ha⁻¹ liegt der Knollenertrag in einem standorttypisch mittleren Bereich (Tab. 7).

Zuckerrübe

Obwohl die Kartoffel als am besten angepasste Hackfrucht auf Sandboden gilt, ist sie im Frischmasseertrag zunehmend der Zuckerrübe unterlegen. Deren Ertrag ist trotz mäßiger Bodenqualität inzwischen rund doppelt so hoch wie bei der Kartoffel, bedingt durch den Anbau der sehr ertragreichen Sorten *Ricarda* und *Varios*, aber auch infolge günstiger Witterungsbedingungen. Der niedrige Variationskoeffizient von 16,5 % deutet auf geringe jährliche Ertragsschwankungen hin (Tab. 7). Gemeinsam mit Winterroggen und Körnermais hat die Zuckerrübe in den letzten 20 Jahren den größten Ertragssprung nach oben gemacht.

Witterungseinfluss auf den Ertrag von Körnermais

Am Beispiel des Körnermais soll gezeigt werden, wie auf der Grundlage langjähriger Ertragserhebungen Aussagen zur Witterungssensitivität von Nutzpflanzen abgeleitet werden können.

Um die jährliche Variabilität des Witterungsverlaufs ausreichend berücksichtigen zu können, sind für solche Untersuchungen langfristige Ertragsreihen notwendig. In dem hier gezeigten Beispiel wurden die Kornerträge von 1981-2010 verwendet. Da die Einführung moderner Hybridsorten den Ertrag seit 2000 mehr als verdoppelt hat, wurden zunächst die Erträge um den Sorteneffekt bereinigt (Abb. 11).

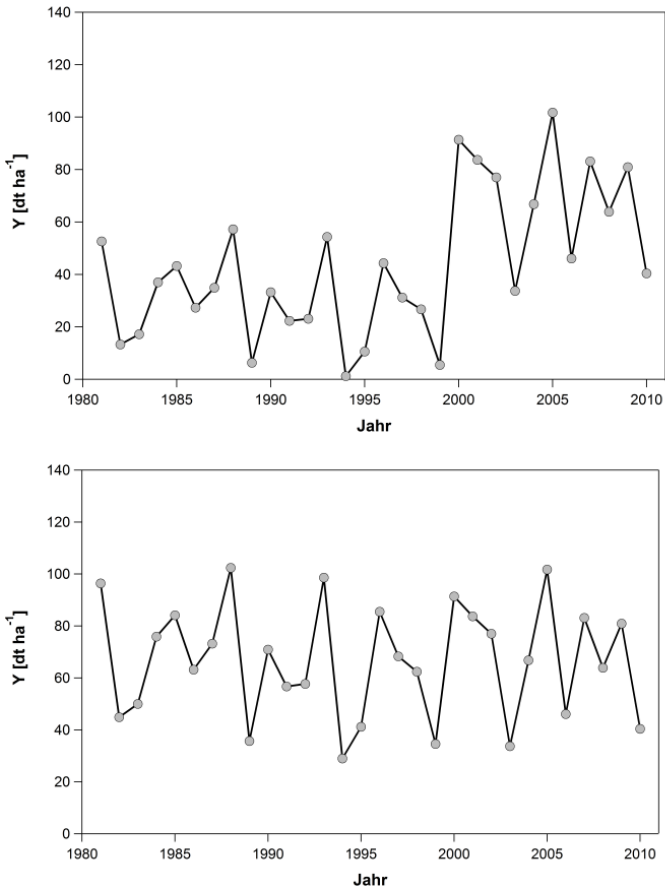


Abbildung 11: Ertrag von Körnermais (Y) bei 86 % TS (1981 - 2010), Originalerträge (oben), vom Sorteneffekt bereinigte Erträge (unten)

Dazu wurden die jährlichen Erträge des *Gelben Badischen Landmais* Y_i im Zeitraum 1981-1999 auf das mittlere Ertragsniveau \bar{Y}_2 und die Standardabweichung s_2 der neuen Hybridsorten im Zeitraum 2000-2010 nach Gleichung 1 normiert. Hierbei ist \bar{Y}_1 der mittlere Ertrag und s_1 die Standardabweichung im ersten Zeitraum.

$$Y_i = \frac{(Y_i - \bar{Y}_1) \cdot s_2}{s_1} + \bar{Y}_2, \quad i \in \{1981, \dots, 1999\} \quad [1]$$

Tabelle 8: Korrelationen zwischen Körnermaiserträgen und den untersuchten Witterungsparametern (Mittelwerte) für phänologische Phasen im Zeitraum 1982-2010 am Standort Berlin-Dahlem. Signifikanzlevel 95 %* ($p \leq 0,05$) und 99 %** ($p \leq 0,01$), Ajayi 2014

Parameter	Keim- phase	Vegetative Phase	Ährchen- bildungs- phase	Blüten- bildungs- phase	Blüh- phase	Korn- füllungs- phase
BBCH:	(00 - 10)	(10 - 17)	(17 - 31)	(31 - 61)	(61 - 71)	(71 - 87)
Mittlere Andauer	02.05 - 14.05.	14.05. - 12.06.	12.06. - 25.06.	25.06. - 20.07.	20.07. - 06.08.	06.08. - 23.09.
T	0,35	0,04	-0,15	-0,58**	-0,63**	-0,29
Tx	0,34	0,04	-0,17	-0,55**	-0,61**	-0,27
Tn	0,41*	0,13	-0,07	-0,52**	-0,62**	-0,29
P	0,08	0,27	0,27	0,44*	0,51**	0,16
SD	-0,01	-0,07	-0,25	-0,65**	-0,51**	-0,26
GS	0,07	-0,06	-0,32	-0,58**	-0,52**	-0,15
ETp	0,32	-0,03	-0,26	-0,60**	-0,64**	-0,36

Lufttemperatur (T), Maximumtemperatur (Tx), Minimumtemperatur (Tn), Niederschlagshöhe (P), potentielle Verdunstungshöhe (ETp), Sonnenscheindauer (SD) und Globalstrahlung (GS)

Die auf phänologischen Phasen basierten Untersuchungen zur Witterungssensitivität der Ertragsbildung zeigen einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Minimumtemperatur und dem Kornertrag in der Keimphase (BBCH 00-10) sowie signifikante Korrelationskoeffizienten in der Blütenbildungs- und Blühphase (BBCH 31-71). Höhere Minimumtemperaturen nach der Aussaat sowie ausreichend Niederschlag während der Schossphase bis zum Beginn der Kornbildung, in Verbindung mit unterdurchschnittlichen Temperaturen in diesem Zeitraum, sind für den Kornertrag förderlich (Tab. 8). Die Witterung im Juli ist damit von übergeordneter Bedeutung für die Ertragsbildung beim Mais.

Auf der Grundlage eines linearen, multiplen Regressionsmodells (Gleichung 2) ließen sich mit nur drei meteorologischen Größen 70 % der Varianz der Körnermiserträge am Standort durch die Witterung erklären (Ajayi 2014, Ajayi und Chmielewski 2014).

$$Y = 129,55 + 3,49 \cdot T_{n(00-10)} - 8,11 \cdot T_{n(61-71)} + 0,22 \cdot P_{(17-71)} \quad [2]$$

Das Modell, berücksichtigt die mittlere Minimumtemperatur in der Keim- (T_{n00-10}) und Blühphase (T_{n61-71}) sowie die mittlere tägliche Niederschlagssumme im Zeitraum vom Beginn der Ährchenbildungsphase bis zum Ende der Blühphase (P_{17-71}).

Den verhältnismäßig größten Einfluss übt die Niederschlagshöhe aus, was für den Standort auf die Bedeutung einer guten Niederschlagsversorgung für Körnermais von Mitte Juni bis Anfang August hinweist (Abb. 12). Zudem sind eher unterdurchschnittliche Temperaturen zwischen BBCH 61 und BBCH 71 günstig.

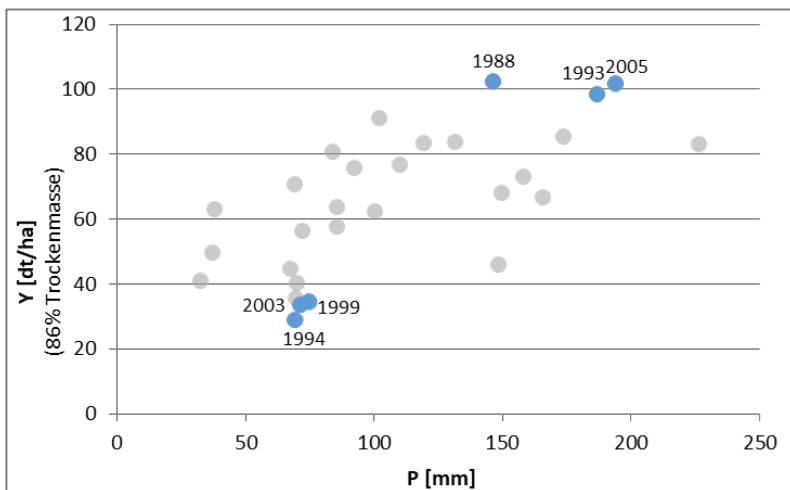


Abbildung 12: Körnermaisertrag (Y) in Relation zur Niederschlagssumme (P) im Zeitraum der Ährchenbildungsphase bis zum Ende der Blühphase mit Kennzeichnung der 3 Maximal- bzw. Minimalerträge der Jahre 1982-2010, Ajayi 2014.

Weiterführende Untersuchungen zu möglichen Änderungen im Ertrag von Körnermais auf der Grundlage von Klimamodellrechnungen (Modell REMO-UBA, A1B) ergaben, dass der für die Region Berlin/Brandenburg projizierte Temperaturanstieg eine Verfrühung der Aussaat um ca. 20 Tage ermöglicht und generell zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode führt. Veränderungen im Kornertrag für Mais wurden auf der Grundlage des oben angegebenen Regressionsmodells berechnet. Die Folgen der Temperaturerhöhung in den Sommermonaten von bis zu 3 °C und die Reduktion der Niederschläge im Juli und August wirken sich negativ auf die Erträge aus. Ein möglicher Ertragsrückgang von bis zu 35 % bis zum Ende dieses Jahrhunderts (Abb. 13) erfordert deshalb Anpassungsstrategien, zu denen unter anderem die richtige Sortenwahl, eventuell in Kombination mit Bewässerung gehören. Hierbei ist ebenfalls einem steigenden Schädlings- und Krankheitsdruck Rechnung zu tragen.

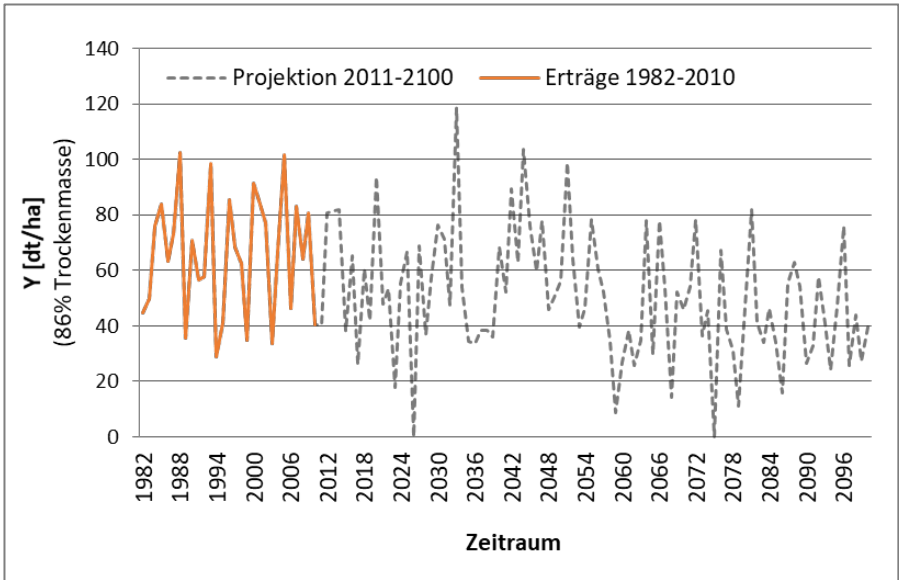


Abbildung 13: Mögliche Entwicklung der Körnermaisenerträge (Y) am Standort Berlin-Dahlem unter Berücksichtigung der Verfrühung des Saattermins im Zeitraum 2011-2100 (REMO-UB, Klimaszenarios A1B), Ajayi 2014

2.5 Arten- und Sortendemonstration landwirtschaftlicher Kulturpflanzen im Ackerbau

Anlagejahr: 2006 (1987)

Zweck der Anlage:

Demonstration der wichtigsten landwirtschaftlichen Kulturarten und Sorten der gemäßigten Breiten und ihrer Anbaueignung unter regionaltypischen Standortbedingungen.

Problemstellung und Zielsetzung

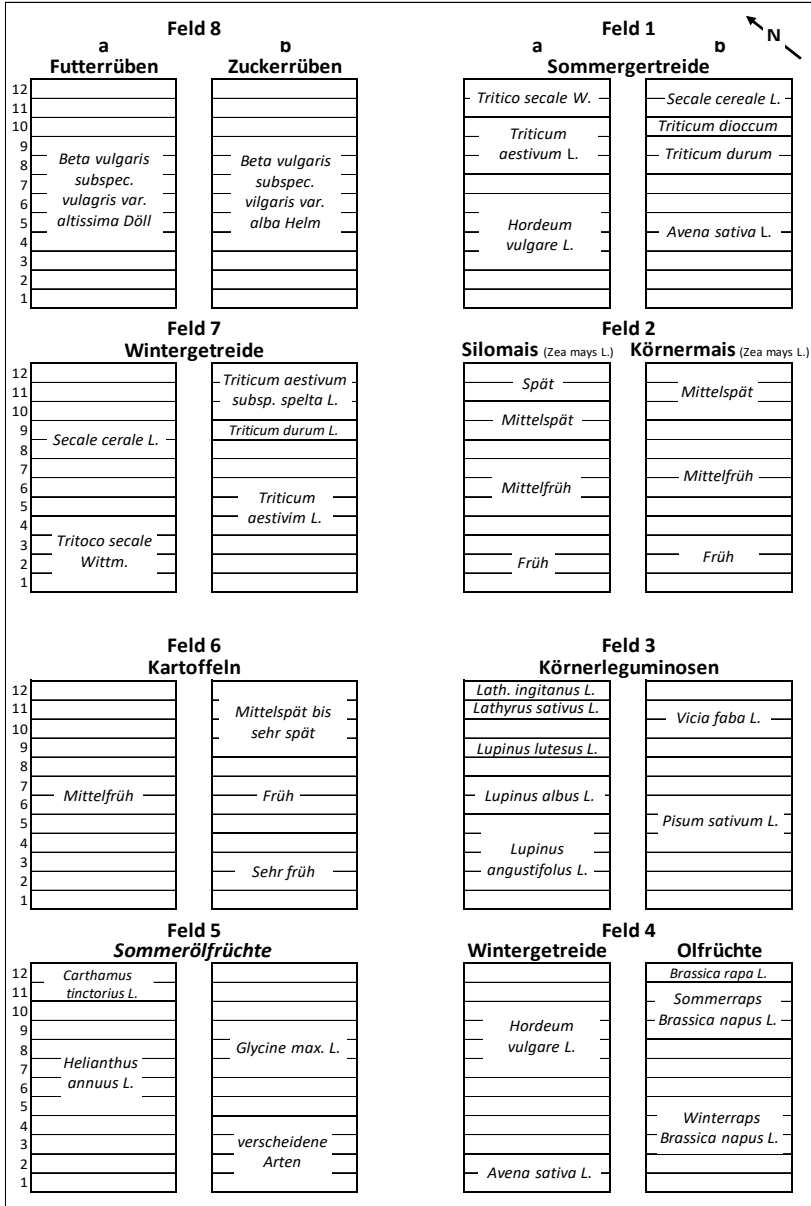
Die wichtigsten landwirtschaftlichen Kulturarten und -sorten der gemäßigten Breiten werden für Lehrzwecke seit 1987 zum Anbau und zur Anschauung gebracht. Maßgeblich für die jährliche Arten- und Sortenwahl sind neben der Bedeutung für die Lehre deren Aktualität, die Ertragshöhe und -stabilität sowie die Besonderheit von Formen und Typen.

Von 1987 bis 2005 wurden die Sortimente auf geeigneten Versuchs- und Ausgleichsschlägen etabliert. Seit dem Jahr 2006 werden sie auf einem standorttypischen Versuchsschlag in einer Dauerdemonstrationsanlage zusammengefasst und in einer Rotation mit acht Feldern angebaut.

Agrotechnische Maßnahmen, Düngung und Pflanzenschutz sowie die Frischmasseerträge werden dokumentiert.

Auch wenn reine Demonstrationen nicht die Anforderungen an einen Exaktversuch erfüllen, so erlaubt die zwar minimale, jedoch kontinuierliche Datenerfassung über mehrere Jahre Aussagen über die Anbauwürdigkeit und die Ertragssicherheit der geprüften Arten und Sorten am Versuchsstandort.

Lageplan (Fruchtarten im Anbaujahr 2016 / 2017)



Durchführung:

Tabelle 9: Fruchtfolge und Düngung

Fruchtart	N	P	K	Stallmist	CaO _{Äqu}
	[kg ha ⁻¹]			[t ha ⁻¹]	[kg ha ⁻¹]
Kartoffeln	80	26	166	560	45
Wintergetreide	80		100		45
Beta-Rüben	120	26	166	560	67
Sommergetreide	60	17	100		34
Körner-/ Silomais	80	23	133		45
Körnerleguminosen	20	23	133		11
Wintergetreide / Winterraps	150	17	100		84
Sommerölfrüchte	60	17	100		34

Pflanzenschutz: konventionell, nach Bedarf

Bodenbearbeitung: Pflügen auf Tiefe 28 cm, sonst entsprechend Kulturart

Ergebnisse

Wintergetreide

Die ertragreichste und ertragsstabilste Wintergetreideart auf dem schwach schluffigen Sandboden ist der Winterroggen, gefolgt von Wintertriticale (-18 %), Winterweichweizen (-23 %), und Wintergerste (-33 %). Der Winterhafer ist in 4 von 10 Jahren ausgewintert und deshalb nicht anbauwürdig.

Nachteile für die Anbaueignung der einzelnen Wintergetreidearten unter den gegebenen Standortbedingungen sind ein hoher Anspruch an das Nährstoff- und Wasserspeichervermögen des Bodens (Weichweizen), ein höherer Wärmebedarf (Hartweizen), mangelnde Frosthärte und Vorwintererkrankungen (Wintergerste).

Bemerkenswert ist die vergleichsweise hohe mittlere Ertragsleistung des Spelzweizens bei einer allerdings etwas erhöhten Streuung der Erträge im

Vergleich zum Weichweizen. Die Jahre mit Maximal- bzw. Minimalerträgen sind bei Spelz- und Weichweizen nicht identisch.

Beim Winterroggen liegt der Ertragsvorteil der Hybridsorten gegenüber den Populationsorten bei 25 %. Im ertragreichsten Jahr 2007 wurden im Mittel durch die Hybridsorten rund 90 dt ha⁻¹ erzielt.

Die mehrzeiligen Wintergerstensorten weisen gegenüber den zweizeiligen Sorten einen geringen Ertragsvorteil auf, sind allerdings etwas ertragsinstabiler.

Tabelle 10: Kornerträge [FM dt ha⁻¹] der Wintergetreidearten 2006-2016

Fruchtart	Mittel	Maximum	Minimum	s	s %
Winterroggen	60,8	82,5 (2007)	43,8 (2015)	11,9	19,6
Populationsorten	53,2	74,3 (2007)	30,7 (2015)	12,1	22,7
Hybridsorten	66,5	90,7 (2007)	47,0 (2011)	12,8	19,3
Wintertriticale	49,7	74,2 (2013)	28,8 (2011)	11,3	22,8
Wi.-Weichweizen	47,0	60,3 (2015)	22,5 (2011)	12,7	27,0
Wi.-Hartweizen	35,0	50,7 (2013)	13,8 (2011)	11,6	33,2
Wi.-Spelzweizen	45,0	66,3 (2014)	26,5 (2008)	12,4	27,6
Wintergerste	40,7	56,0 (2007)	31,1 (2009)	9,5	23,3
mehrzeilig	42,3	65,4 (2007)	29,7 (2011)	11,6	27,5
zweizeilig	38,9	48,7 (2006)	25,4 (2010)	8,4	21,5

Sommergetreide

Das Ertragsniveau der Sommergetreidearten liegt - abgesehen von der Gerste - nur bei 52 % - 67 % der entsprechenden Winterformen. Diese Differenz hat in den letzten Jahrzehnten ständig zugenommen.

Ertragsstärkste Sommergetreideart ist die züchtungsintensive Sommergerste (Tab. 11), die fast das Ertragsniveau der Wintergerste erreicht hat. Es folgen relativ zur Sommergerste Sommertriticale (-17 %) und Sommerroggen (-21 %), Hafer (-36 %) und Sommerweichweizen (-37 %).

Die Höhe der Variationskoeffizienten fällt bei den Sommergetreidearten deutlich höher aus als bei den entsprechenden Wintergetreidearten. Neben geringerer Ertragsleistung (Ausnahme: Sommergerste) ist dies der Grund, dass die Sommergetreidearten in den Betrieben der Region eine immer kleinere Rolle bei der Anbauplanung spielen.

Tabelle 11: Kornerträge [FM dt ha⁻¹] der Sommergetreidearten, 2006-2016

Fruchtart	Mittel	Maximum	Minimum	s	s %
Sommergerste	39,9	67,7 (2014)	14,4 (2011)	14,9	35,6
Sommerhafer	25,5	41,8 (2014)	9,4 (2011)	9,8	36,2
So-Weichweizen	25,1	42,5 (2009)	12,4 (2011)	12,7	49,5
So-Hartweizen	22,4	46,9 (2014)	13,2 (2011)	13,5	58,8
Sommerroggen	31,5	49,9 (2009)	9,8 (2011)	10,3	31,0
Sommertriticale	33,3	55,2 (2014)	12,4 (2011)	11,0	37,2

Körnermais

Der Körnermais weist mit der Einführung moderner Hybridsorten auch auf Sandboden einen enormen Ertragsanstieg auf. Zugleich wurden Standfestigkeit, Abreife und Druscheignung des Körnermais deutlich verbessert. Der Ertragsanstieg ist auch am Dahlemer Standort seit Mitte der 90er Jahre deutlich erkennbar (mittlerer Sortimentsertrag 1987-1995: 50 dt ha⁻¹, 1996-2005: 80 dt ha⁻¹, 2006-2016: 87 dt ha⁻¹). Höchsterträge wurden in den letzten Jahren fast immer in der späten Reifegruppe, vereinzelt auch in Reifegruppe Mittelfrüh erzielt (Tab. 12). Abreifeprobleme traten nicht auf. Die Ertragssicherheit ist vergleichbar mit derjenigen der

meisten Sommergetreidearten. Die mittelfrühen Sorten weisen diesbezüglich den günstigsten Wert auf.

Tabelle 12: Kornerträge [FM dt ha⁻¹] des Körnermais 2006-2016

Reifegruppe	Mittel	Maximum	Minimum	s	s %
Gesamt	88,3	131,2 (2011)	26,3 (2010)	27,5	29,8
Früh (-K220)	79,1	117,6 (2011)	25,7 (2010)	27,6	32,5
Mittelfrüh (K230-250)	89,0	130,3 (2011)	36,1 (2010)	27,4	29,4
Mittelspät (K260-290)	95,0	146,6 (2011)	39,6 (2006)	32,8	33,3

Silomais

Die höchsten Erträge an Gesamt-Trockenmasse waren beim Silomais analog zum Körnermais in der mittelspäten Reifegruppe zu verzeichnen (Tab. 13), nur in 2 von 11 Ertragsjahren war die mittelfrühe Reifegruppe leicht überlegen.

Tabelle 13: Gesamt-Trockenmasseerträge [dt ha⁻¹] des Silomais 2006-2016

Reifegruppe	Mittel	Maximum	Minimum	s	s %
Gesamt	167	211 (2012)	108 (2006)	37,4	22,4
Früh (-K220)	153	204 (2012)	92 (2015)	37,6	24,6
Mittelfrüh (K230-250)	166	217 (2007)	110 (2006)	36,8	22,1
Mittelspät (K260-290)	182	235 (2014)	127 (2006)	42,2	23,2

Im ertragsschwächsten Jahr (2006) wurde im Mittel der Reifegruppen mit 108 dt TM ha⁻¹ nur rund 51 % der Trockenmasse geerntet, die im Höchstertragsjahr (2012) mit 211 dt ha⁻¹ erzielt wurden. Der

Variationskoeffizient von insgesamt 22,4 % deutet auf eine gute Ertragsstabilität des Silomais auf dem Sandboden hin, Unterschiede zwischen den Reifegruppen sind diesbezüglich unwesentlich.

Körnerleguminosen

Die mittlere Ertragsleistung der ertragreichsten Körnerleguminosen (Futtererbse, Ackerbohne) am Standort Dahlem liegt bei knapp 25 dt ha⁻¹ (Tab. 14). Dies ist bei der Ackerbohne umso erstaunlicher, als bei dieser Fruchtart in Trockenjahren (z.B. 2008; 2011) Totalverluste aufgetreten sind, die ihre Anbauwürdigkeit unter den herrschenden Standortverhältnissen in Frage stellen.

Bei den eiweißreichen Lupinen erweist sich die Schmalblättrige (Blaue) Lupine als ertragsstabilste Art, wahrscheinlich aufgrund des züchterischen Fortschrittes der letzten beiden Jahrzehnten und der geringeren Krankheitsanfälligkeit gegenüber Anthracnose.

Die Sojabohne ist in Ertragshöhe und -stabilität mit den Lupinenarten vergleichbar, reagiert allerdings sensibel auf Jahre mit Wassermangel.

Tabelle 14: Kornerträge (FM dt ha⁻¹) der Körnerleguminosen 2006 - 2016

Fruchtart	Mittel	Maximum	Minimum	s	s %
Futtererbse	24,1	56,4 (2009)	6,9 (2008)	13,8	57,3
Ackerbohne	24,3	51,7 (2013)	0,8 (2008)	16,6	68,1
Gelbe Lupine	37,3	26,3 (2012)	3,7 (2008)	10,0	61,6
Schmalblättr. Lupine	20,2	31,7 (2013)	9,5 (2008)	6,8	33,5
Weißer Lupine	20,8	49,0 (2009)	6,0 (2015)	13,3	64,2
Sojabohne	15,6	31,4 (2007)	6,0 (2010)	8,5	54,1

Kartoffel

Die Kartoffel gilt als die am besten an die herrschen Standortbedingungen angepasste Hackfrucht. Bei einem mittleren Ertrag von 371 dt ha⁻¹ in den letzten 11 Jahren ergeben sich allerdings kaum positive Veränderungen gegenüber dem langjährigen Mittel (1987-2016) in Höhe von 365 dt ha⁻¹ (Tab. 15). Der Ertragsunterschied zwischen bestem Jahr (2012) und schlechtestem Jahr (2008) ist beträchtlich und beträgt > 400 dt ha⁻¹.

Sowohl in der Ertragshöhe wie auch in der Ertragsstabilität erweist sich die Reifegruppe „Mittelfrüh“ als am günstigsten an diesem Standort, die Reifegruppe „Sehr früh“ fällt diesbezüglich am stärksten ab.

Tabelle 15: Knollenerträge [FM dt ha⁻¹] der Kartoffel, 2006-2016

Reifegruppe	Mittel	Maximum	Minimum	s	s %
Gesamt	371	583 (2012)	180 (2008)	125	33,6
Sehr früh	285	483 (2012)	125 (2010)	121	42,3
Früh	359	619 (2012)	150 (2010)	139	38,8
Mittelfrüh	404	590 (2012)	188 (2008)	132	32,6
Mittelspät - Spät	385	631 (2012)	147 (2007)	148	38,5

Beta-Rüben

Die Zuckerrübe weist mit durchschnittlich 810 dt ha⁻¹ pro Jahr ein für den schluffigen Sandboden ausgesprochen hohes Ertragsniveau auf (Tab. 16), zumal auf Zusatzbewässerung zur Überbrückung von Trockenperioden verzichtet wurde.

Im Vergleich zur Kartoffel ist diese Hackfrucht offensichtlich besser in der Lage, Folgen der Klimaveränderungen auszugleichen, ggf. sogar positiv zu nutzen. Ertragsmaxima von deutlich >1.000 dt ha⁻¹ traten 2011 und 2015 auf. Ein Variationskoeffizient von wenig mehr als 20 % deutet auf eine

Ertragsstabilität hin, wie sie nur bei einigen Wintergetreidearten und beim Silomais zu verzeichnen ist.

Tabelle 16: Rübenkörpererträge (FM dt ha⁻¹) der Beta-Rübe 2006-2016

Fruchtart	Mittel	Maximum	Minimum	s	s %
Zuckerrübe	810	1126 (2011)	585 (2008)	180	22,3
Futterrübe	1080	1566 (2011)	704 (2015)	247	22,9

Die Ertragssicherheit der Futterrübe entspricht derjenigen der Zuckerrübe (Tab. 16). Die mittlere Ertragsleistung der Futterrübe liegt bei 1080 dt ha⁻¹ und belegt die Anbauwürdigkeit dieser Fruchtart auf Sandboden.

Literatur

Ajayi J.B. 2014: Witterungs- und Klimasensitivität der Körnermaiserträge in Berlin-Brandenburg. Masterarbeit im Studiengang Integrated Natural Resource Management, HU-Berlin, 58 S.

Ajayi J.B., Chmielewski F.-M. 2014: Klimawandel und Körnermaiserträge in Berlin-Brandenburg. Abstract zur 8. BIOMET-Tagung Mensch-Pflanze-Atmosphäre im 21. Jahrhundert. 2.-3.12.2014, TU-Dresden.

Chmielewski, F.-M., Köhn, W., Krzysch, G. 1997: Statisches agrarmeteorologisches Ertragsfeld. Ökol. Hefte Landwirtschaft.-Gärtner. Fak. HU Berlin 7, 57-74.

Chmielewski, F.-M., Köhn, W. 1999: The long-term agrometeorological field experiment at Berlin-Dahlem. Agricultural and Forest Meteorology 96, 39-48.

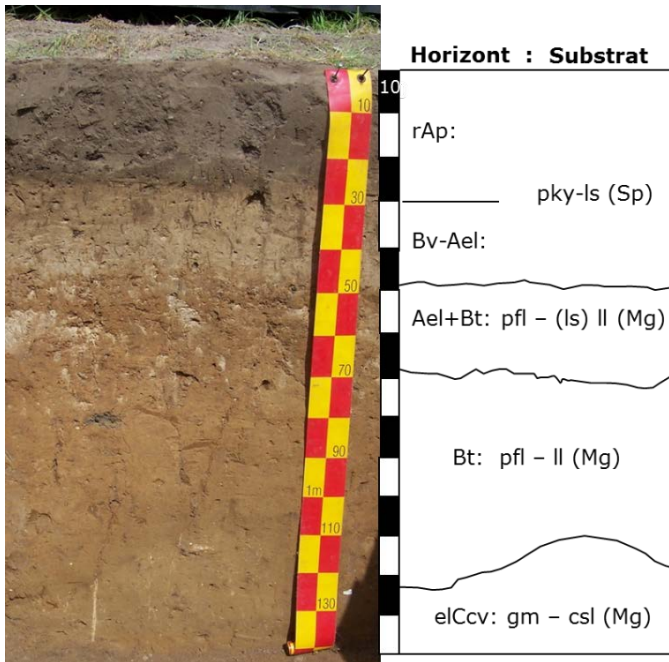
KRZYSCH, G. (Hrsg.); CAESAR (Hrsg.); Becker, K; Brodowski, M.; Dressler, U-B.; Grimm, J.; Jancke, G.; Krause, S.; Schlenter, L. (1992): Einfluss von langjährig differenzierten Bewirtschaftungsmaßnahmen und Umweltbelastungen auf die Bodenfruchtbarkeit und Ertragsleistung eines lehmigen Sandbodens. Forschungsbericht IFP 15/2. Institut für Nutzpflanzenforschung an der Technischen Universität zu Berlin.

Ausführliche Informationen zu den Dauerfeldversuchen der HU Berlin sind enthalten in:

MLUV Brandenburg (Hrsg), LVLF Brandenburg (Hrsg.), (2009): Dauerfeldversuche in Brandenburg und Berlin – Beiträge für eine nachhaltige landwirtschaftliche Bodenbenutzung.

Lehrbodenprofil:

Braunerde-Fahlerde aus Sand über Lehm



Horizont	Beschreibung
Ap	Pflughorizont aus periglaziärem Lehmsand, stark durchwurzelt, Einzelkorn- bis Bröckelgefüge
Bv – Ael	Übergangshorizont aus periglaziärem Lehmsand, lessiviert mit Merkmalen der Verbraunung, schwach durchwurzelt, mit Merkmalen biologischer Aktivität (Wurmgänge), im oberen Bereich verdichtet, Einzelkorngefüge
Ael + Bt	Tonanreicherungshorizont aus Fließlehm mit tonverarmten Ael-Material durchsetzt, deutliche Tonhäutchen, schwach durchwurzelt
Bt	Tonanreicherungshorizont, deutliche Tonhäutchen besonders in Klüften, vereinzelt Wurzeln, Polyeder- bis Subpolyederggefüge
elCcv	Ausgangsgestein aus Moränenkarbonatsandlehm (Geschiebemergel), hellgelbbraun (10 YR 6/4-6/6), mit Merkmalen sekundärer Karbonat-einwaschung (Kalkadern), Plattengefüge