



Doktorarbeit zur Erlangung des akademischen Grades Doktor an der
Universität für Bodenkultur Wien

**Einfluss der Sorte und des Standortes bei Hanf
(*Cannabis sativa* L.) in der Ganzpflanzennutzung im
semiariden Produktionsgebiet**

Department für angewandte Pflanzenwissenschaften
Abteilung für Pflanzenbau

Universität für Bodenkultur Wien

Eingereicht von

Dipl. - Ing. Klaus Ofner, BEd.
Hanfthal, Dezember 2014

Betreuer

Ao. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Peter Liebhard

Danksagung

Für die Erstellung der vorliegenden Dissertation möchte ich danken:

Herrn Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.tech. Peter Liebhard, der mir die Möglichkeit eingeräumt hat, mich selbstständig im Bereich der Pflanzenwissenschaften zu bewegen, gleichzeitig auch bei zu starken Abweichen mich auf den Boden der Realität zurückholte und stets mit Rat und Tat zur Seite stand.

Meinem Beratungsteam (Ao. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Karl Moder, Ao. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Johann Vollmann, Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Helmut Wagenristl, Ao. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Josef Eitzinger, Ao. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Elisabeth Helene Koschier) für die offene Art und Weise die mir bei Fragen und Diskussionen entgegengebracht wurde.

Der Dorfgemeinschaft Hanfthal, allen voran Herrn Johann Schmidt und Herrn Ökonomierat Landwirtschaftsmeister Josef Kölbl, für die Unterstützung vor Ort. All jenen Helfern, Freunden und Gönnern, die maßgeblich am Erfolg mitwirkten. Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Landwirtschaftsmeister Günter Schmid, der mit den Firmen Hanfland, Hanfnuss und Hanfstroh meine Arbeiten unterstützte.

Meinen Vorgesetzten, Arbeitskollegen, Studienkollegen, Freunden und Verwandten, allen voran meiner Freundin Renate, die mir Freiraum für die Absolvierung des Studiums gab. Viele haben für das Hanfprojekt und für meine Arbeit Zeit und Arbeit eingebracht. Ohne Idealismus und das gemeinschaftliche Ziel, den Hanfanbau, die regionale Verarbeitung und Vermarktung in meinem Heimatort „Hanfthal“ wäre die langjährige Arbeit und auch der Erfolg nicht möglich gewesen.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie, die stets Ruhepol und Zentrum meiner Arbeit waren und durch Interesse und Verständnis wesentlich zu meiner beruflichen Weiterbildung beigetragen haben.

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	7
1.1. Summary	9
2. Problemstellung und Zielsetzung	11
2.1. Einleitung	11
2.2. Problemstellung	13
2.3. Zielsetzung	13
3. Ausgewählte Literatur	15
3.1. Weltweite Hanfproduktion	15
3.2. Botanische Besonderheiten von Hanf	15
3.3. Registrierte Hanfsorten in der Europäischen Union	20
3.3.1. Sorten	20
3.4. Standort und Fruchtfolge	22
3.4.1. Wetterdaten	22
3.5. Produktionsmaßnahmen bei Hanf	23
3.5.1. Bodenvorbereitung und Saat	23
3.5.2. Pflegemaßnahmen	23
3.5.3. Unkrautbekämpfung	23
3.5.4. Schädlingsbekämpfung	24
3.5.5. Krankheiten	26
3.5.6. Düngung	26
3.6. Ernte und Verarbeitung	27
3.6.1. Hanfprodukte	27

4. Material und Methoden	31
4.1. Versuchstandorte	31
4.1.1. Standort Hanfthal	31
4.1.2. Versuchsstandort Groß Enzersdorf	33
4.2. Sorten	34
4.3. Saatstärken	35
4.4. Wetterdaten	35
4.5. Ernte und Verarbeitung	36
4.5.1. Parzellenernte	36
4.5.2. Mähdrusch	36
4.5.3. Bearbeitung des Erntegutes	36
4.6. Datenerfassung, mathematische und statistische Auswertung	37
4.6.1. Klima und Witterung	37
4.6.2. Datenerfassung	38
4.6.3. Statistikprogramm „R“, Signifikanzniveau und Auswertung von Daten	39
4.6.4. ANOVA	41
4.6.5. PostHoc Test TukeyHSD	41
4.6.6. AIC - Bedeutung und Möglichkeiten der Modelloptimierung	41
4.6.7. Zusammenfassung des Modells	42
4.6.8. Grafische Auswertungen der Versuchsdaten	42
4.7. Deckungsbeitrag	44
5. Ergebnisse	46
5.1. Klima und Witterung an den Versuchsstandorten in den Jahren 2011 bis 2013	46
5.2. Versuchsdurchführung 2011	50
5.2.1. Saat und Saatstärke	50
5.2.2. Bestandesdichte und Wuchshöhe	51
5.2.3. Kornertrag	55
5.2.4. Faserertrag	56
5.2.5. Schäbenertrag	57

5.3.	Versuchsjahr 2012	59
5.3.1.	Kornertrag	59
5.3.2.	Faserertrag	61
5.3.3.	Schäbenertrag	62
5.4.	Versuchsjahr 2013	63
5.4.1.	Kornertrag	63
5.4.2.	Kornertrag Sorte Finola	64
5.4.3.	Faserertrag 2013	65
5.4.4.	Schäbenertrag 2013	65
5.5.	Beurteilung über die Versuchsjahre 2011 bis 2013	67
5.5.1.	Kornerträge	67
5.5.2.	Standort Groß Enzersdorf	67
5.5.3.	Standorte Hanfthal und Groß Enzersdorf	68
5.5.4.	Hanfstroherträge	72
5.5.5.	Korrelation zwischen Kornertrag und Strohertrag	79
5.6.	Deckungsbeitrag in den Versuchsjahren 2011 bis 2013	80
6.	Diskussion	86
6.1.	Einfluss des Klimas und der Witterung auf den Wachstums- und Entwicklungsverlauf bei Hanf	86
6.2.	Einfluss der Saatstärke auf die Bestandesdichte und Wuchshöhe bei Hanf	86
6.3.	Einfluss der Saatstärke, des Säsystems, der Bestandesdichte und des Erntetermines auf den Kornertrag bei Hanf	89
6.4.	Einfluss der Saatstärke, des Säsystems, der Bestandesdichte und des Erntetermines auf den Hanfstrohertrag	94
6.5.	Korrelationen der Erträge	95
6.5.1.	Kornertrag und Strohertrag	96
6.5.2.	Kornertrag und Wuchshöhe	96
6.5.3.	Kornertrag und Bestandesdichte	96
6.5.4.	Strohertrag und Wuchshöhe	97
6.5.5.	Strohertrag und Bestandesdichte	97
6.6.	Deckungsbeitrag	97

A. Ehrenerklärung	108
B. Versuchspläne	109
B.1. Groß Enzersdorf 2011 bis 2013	109
B.2. Hanfthal in den Jahren 2011 bis 2013	112
C. Statistische Auswertung	117
C.1. statistische Tests – Korn-, Faser- und Schäbenerträge beider Standorte 2011 & 2013	117
C.2. ANOVA & TukeyHSD 2011	118
C.3. Korrelationen der Erträge – 2011	131
C.4. Erklärbarkeit des linearen Modelles (Korrelation der Erträge) – 2011	136
C.5. Korrelationen der Erträge – 2012 (Auswertung nur von Raas- dorf	138
C.6. Erklärbarkeit des linearen Modelles (Korrelation der Erträge) – 2012	141
C.7. Korrelationen der Erträge – 2013	144
C.8. Erklärbarkeit des linearen Modells (Korrelation der Erträge) – 2013	148

1. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde die Hanfproduktion (*Cannabis sativa* L.) nach aktuellen Gesichtspunkten für eine Ganzpflanzennutzung bewertet. Hanf begleitet die Menschheit seit Jahrtausenden. Große Schritte, wie beispielsweise die Entdeckung Amerikas, wurden erst durch die Nutzung von Hanfprodukten ermöglicht. In der Mitte des 20. Jahrhunderts wurde Hanf aufgrund der berauschenden Wirkung durch das im Fruchtstand befindliche THC verboten. Die erneute Zulassung von THC – armen bzw. – freien Sorten als Nutzpflanze im Ackerbau erfolgte in Österreich im Jahre 1996. Seit dieser Zeit hat Hanf in der österreichischen Landwirtschaft wieder Bedeutung erlangt. In der Samenproduktion stellte die Erntetechnik ein Problem dar. Zur Erhöhung der Schlagkraft wurden die Mähdrescher immer größer und leistungsfähiger und so können derzeit bis zu vier Meter hohe Pflanzen, nach entsprechender Adaption des Dreschwerkes, problemlos geerntet werden.

Von 2011 bis 2013 wurden an zwei Standorten (Hanfthal und Groß Enzersdorf, Niederösterreich) im semiariden Klimagebiet Exaktversuche mit sieben unterschiedlicher Hanfsorten Ergebnisse bezüglich einer umfassenden Ganzpflanzennutzung erarbeitet. Neben dem Einfluss der Saatstärke wurden das Säsystem, die Bestandesdichte und der Erntetermin auf Ertrags- und Qualitätskriterien hin beurteilt.

Die Versuchsstandorte repräsentieren einen wesentlichen Teil des österreichischen Ackerbaugebietes.

Der Versuchsstandort Hanfthal, 50 km nördlich von Wien an der Grenze zu Tschechien, zeichnet sich durch eine warme und trockene Witterung aus und die Böden sind mittel bis hochwertiges Ackerland.

Der zweite Versuchsstandort, die Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien in Groß Enzersdorf, liegt am östlichen Stadtrand von Wien.

Die Versuchsstandorte befinden sich im semiariden Klimagebiet, dass durch kalte, schneearme Winter und heiße, trockene Sommer gekennzeichnet ist.

Die Sorten Epsioln 68, Fedora 17, Felina 32, Ferimon, Futura 75, Santhica 27 und Uso 31 wurden sowohl für die Kornnutzung, mit 50 Körnern/m², als auch für die Restpflanzenutzung, mit 250 Körnern/m², vergleichend beurteilt.

Die Säsysteme, Drillsaat und Einzelkornsaat, wurden gegenübergestellt. Die Einzelkornsaat ergab einen höheren Korn- und Restpflanzenertrag, auch die Streuung war höher.

Die intraspezifische Konkurrenz trat bereits 76 Tage nach der Aussaat auf. Die in der Literatur angefuhrten praxisüblichen Saatstärken wurde überwiegend als optimal bestätigt. Im Jahr 2012 ergab die höhere Saatstärke auch höhere Kornerträge.

Hanf weist einen sehr großen möglichen Erntetermin auf. Die Körner reifen sehr ungleichmäßig ab. Daher kommt es meist zu hohen Samenausfall am Feld. Der Erntetermin Anfang September unterschied sich im Kornertrag kaum vom Erntetermin Mitte September. Eine Ernte Anfang Oktober war auf den angefuhrten Standorten eindeutig zu spät, eine Ertragsverminderung von bis zu 60% war die Folge.

Bei der Wirtschaftlichkeit, beurteilt am Deckungsbeitrag, konnten Unterschiede bei den einzelnen Sorten nach Jahr, Standort und Saatstärke nachgewiesen werden.

1.1. Summary

In this study, industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) is described according to the state of knowledge.

Hemp accompanied mankind for millennia. Big steps, for example, the discovery of America, have only been possible by the use of these plant. In the mid-20th century, hemp was prohibited due to the intoxicating effect, through the existing in bloom THC. The re-registration of THC -poor or -free varieties in Austria has been in the year 1996.

Since that time, hemp has again gained ground in the agriculture. At the beginning harvest technique was a problem. This changed when the harvesters were built bigger to inwase the clout. The up to four meters high plants, could be harvest easily after appropriate adaptation of the threshing mechanism.

By exact tests at two locations over three years, actual results of seven varieties industrial hemp in the semi-arid climatic region have been acquired. In addition to the influence of seed rate and the sowing system, the plant density and harvest date were examined.

The experimental site Hanfthal about 50 km north of Vienna on the border with the Czech Republic is characterized by good farmland, warm and dry weather. The farmers rely on natural rainfall. The second study area, at the Experimental Farm of the University of natural resources and applied life sciences, Vienna in Großenzersdorf lies in the east of Vienna. Both sites represent very well the semi-arid climatic zone with cold, snowless winters and hot, dry summers.

At both locations, the varieties Epsioln 68, Fedora 17, Felina Ferimon, Futura 75, Santhica 27 and Uso 31 were sown for grain use, with 50 grains per square meter, as well as for fiber usage, with 250 grains per m².

Two sowing system, seed drilling and single grain - seeds were compared. When single grain drilled a higher yield was observed, but the scattering was also higher.

The plant height and plant density were repeatedly raised during the plant life. Intraspecific competition could already be detected 76 days after sowing.

Use-related seed densities known from literature were confirmed in years with average weather conditions. In 2012, the high seed rate also led to very high grain yields.

Hemp has a very large harvest window. The grains ripen unevenly. Thus, it is not possible, to harvest all seeds of a plant. First seeds drop out but latest seeds are not ready for harvest yet.

Nearly no difference could be observed in the amount of the grain at a harvest date in the beginning or in the middle of September. The harvest in early October was clearly too late, yield reductions of around 60% could be demonstrated.

For economic comparison the contribution margin of each variety by year, locations and sowing density was evaluated separately.

2. Problemstellung und Zielsetzung

2.1. Einleitung

Die Weltbevölkerung wächst stetig, daher steigt der Bedarf für Nahrungsmittel. Landwirtschaftlich bewirtschaftbare Fläche ist begrenzt. Neben der Versiegelung der Flächen durch Bauten und Verkehrsflächen werden ständig steigende Produktionsflächen für Energie und Rohstoffe sowie Futterflächen für Nutztiere benötigt.

Die Schere zwischen wohlgenährten Erdenbürger und hungernder Weltbevölkerung geht immer weiter auseinander. Eine Lösung für dieses Problem ist derzeit nicht in Sicht. Jack Herer bietet als Lösung an:

„Es gibt nur eine Pflanze, die als nachwachsender Rohstoff in der Lage ist, den größten Teil an Papier, Textilien und Nahrungsmitteln sowie des Energieverbrauchs zu liefern und zugleich die Umweltverschmutzung eindämmt, die Böden verbessert und unsere Luft reinigt: es ist eine alte Gefährtin, die dies schon immer getan hat: Cannabis, Hanf, Marihuana.“ (HERER ET AL. 1996)

Bei der Suche nach effektiven Pflanze zur Deckung der menschlichen Bedürfnisse (Nahrung, Kleidung, Energie, Rohstoffe, ...) werden derzeit weltweit unterschiedliche Fruchtarten bearbeitet. Palmöl Beispielsweise wird über die halbe Welt verfrachtet, damit Europa ausreichend alternative Treibstoffe für den Autoverkehr einsetzen kann.

- Hanf ist eine vielfach verwertbare Pflanze und weist als nachwachsender Rohstoff Vorteile auf:
 1. stellt geringe Ansprüche an Boden und Klima
 2. ist mit Großteils in der Praxis vorhandenen Maschinen und Geräten produzierbar

3. relativ einfache Kulturführung, wird derzeit kaum von Krankheiten und Schädlingen befallen
 4. breites Verwertungsspektrum mit Nutzung
- Hanf ist ein hochwertiger Rohstoff für die Papierindustrie (sowohl die Schäben als Holzersatz, als auch die Fasern zur Verstärkung des Papiers)
 - aus Hanffasern werden hochwertige Textilien hergestellt (die ersten Jeans waren aus Hanf und defacto unverwüstlich)
 - Hanfnüsse sind ein hochwertiges Nahrungsmittel, auch das daraus gewonnene Hanfmehl und Hanföl (SCHWENG 2011)
 1. reich an Linolsäure und anderen mehrfach ungesättigten Fettsäuren
 2. das Protein von Hanf ist mit dem von Sojabohnen vergleichbar, aber leichter verdaulich
 3. Hanf weist einen hohen Eisengehalt auf
 - Hanföl wird als Treibstoff genutzt (ähnlich Raps- oder Sonnenblumenöl)
 - Hanföl ist als Mineralölersatz und hochwertiger Rohstoff für Farben und Lacke geeignet
 - Hanffasern werden gemeinsam mit -öl zur Erzeugung von faserverstärkten Formteilen (Karosserie – Henry Ford) verwendet
 - durch die hohe Photosyntheseleistung trägt Hanf zur CO₂ Bindung bei, vor allem durch Hanfprodukte, die nicht unmittelbar in den Kreislauf der Natur zurückgeführt werden
 - Hanf hat ein reichverzweigtes Wurzelsystem mit Pfahlwurzeln und entsprechender Durchwurzelungstiefe und hohem Nährstoffaneignungspotential
 - Hanf ist eine sehr alte Nutzpflanze – Funde belegen die Verwendung bereits länger als 5.500 vor Christus (SCHREIBER 1997; RIEFER 1997; AMADUCCI ET AL. 2014)

Hanf hat weltweit Einschränkungen in der Produktion. Der delta-9-Tetrahydrocannabinol (THC)-Gehalt ist ein wesentliches Kriterium sowohl für die Sortenzulassung als auch im Anbau. Es sind ausschließlich Sorten mit einem THC-Gehalt weniger 0,2% in der landwirtschaftlichen Produktion zugelassen.

2.2. Problemstellung

Aufgrund der erneuten Zulassung von Hanf im Jahre 1995 in Österreich war eine intensive Forschungsarbeit erforderlich. Die anfänglich steigenden Anbauflächen ab 1995 benötigten Informationen und regionale Ergebnisse für die Praxis. Durch Probleme bei der Erntetechnik verloren sehr viele Landwirte das Interesse am Hanfanbau und so wurden die weiteren Arbeiten für dieser Nutzpflanze überwiegend eingestellt.

Auch das Bundesamt für Ernährungssicherheit (AGES) hat im aktuellen Versuchsberichte bei Hanf in der Sortenzulassung nur die polnischen Sorten „Beniko“ und „Bialobrzeskie“ aus dem Jahren 1996 – 1999 auf deren Homepage (ERNÄHRUNGSSICHERHEIT AGES 2013). Die Sorte Bialobrzeskie ist im Jahr 2013 aus der Positivliste der Nutzhansorten entfernt worden.

Dieses Informationsdefizit muss in kurzer Zeit, kompensiert werden, um der österreichischen Landwirtschaft entsprechend aktuelle Daten zur Verfügung stellen zu können.

2.3. Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist die Erstellung von reproduzierbaren Ergebnissen für den Hanfanbau und Optimierung der Produktionsmaßnahmen für eine Verwertung der Ganzpflanze.

Weiters ist auch das Auffinden von optimal angepassten Sorten für den pannonischen Klimaraum erforderlich.

Aus der großen Zahl von offenen Fragen wurden folgende Hypothesen erstellt:

1. Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen Samenertrag der Sorten im Bezug auf Standort und Saatstärke (Pflanzenzahl je Quadratmeter).
2. Es gibt keine signifikante Korrelationen zwischen den Korn- und Stroherträgen.
3. Die Ertragsstabilität wird nicht von Sorte, Saatstärke und Standort signifikant beeinflusst.

3. Ausgewählte Literatur

3.1. Weltweite Hanfproduktion

Die größten weltweiten Hanfanbauflächen stehen in Asien (80.000 ha – vor allem in China und Nordkorea), in den EU – Staaten (14.500 ha) und in Kanada (10.000 ha) – Stand 2006 (CARUS ET AL. 2008).

In der Europäischen Union waren die Hauptproduzenten im Jahr 2006 Frankreich (ca. 8.000 ha), Großbritannien (ca. 1.700 ha) und Deutschland (ca. 1.200 ha), Österreich hatte im Jahr 2006 nur eine Anbaufläche von 546 ha (CARUS ET AL. 2008).

Tabelle 3.1.: Hanf – Anbaufläche in Österreich nach Bundesländern von 2003 bis 2012 BUNDESAMT FÜR (AGRARWIRTSCHAFT 2014)

Bundesland	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Burgenland				53	112	6	4	33	24	1
Kärnten	12	101	68	2	7	7	28	5	7	10
Niederösterreich	142	292	262	486	297	261	250	410	433	402
Oberösterreich	7	1	3	10	24	21	72	87	47	59
Salzburg									2	
Steiermark	7	1	7	1	4	1	1	2	0,2	0,2
Tirol							0,01			
Vorarlberg										
Wien		6	6	10	5			3		
Österreich	364 ¹	401	346	562	449	296	356	540	512	472

3.2. Botanische Besonderheiten von Hanf

Hanf gehört, wie auch der Hopfen, zur Familie der Hanfgewächse (*Cannabaceae*) (FISCHER ET AL. 2005; AMADUCCI ET AL. 2014).

Charakteristisch für Hanf sind die wechselständigen, gefingerten, lanzettartig gesägten Laubblätter, die an einem kurzen Blattstiel sitzen.

Hanf ist von Natur aus eine zweihäusige Pflanze (FISCHER ET AL. 2005). Die männlichen Pflanzen (Femelhanf) überragen die weiblichen um rund 50 cm und reifen nach der Blüte ab. Das Erscheinungsbild der Femelhanfpflanzen ist eher locker und verästelt.



Abbildung 3.1.: Männliche Hanfpflanze in der Blüte (OFNER 2013)

Die weiblichen Pflanzen (Hanfhenne) zeichnen sich durch einen kompakten, gedrungenen Fruchtstand aus.



Abbildung 3.2.: Weibliche Hanfpflanze in der Blüte (OFNER 2013)

In der heimischen Flora werden zwei Unterarten beschrieben:

1. **Wildhanf** (*Cannabis sativa* var. *spontanea* oder auch *Cannabis ruderalis*) weist eine Wuchshöhe von 30 bis 60 Zentimeter auf. Wildhanf ist sehr früh reif. Die Blütenhülle der weiblichen Blüten ist vorhanden, die Samen fallen sehr leicht aus.

Die Nuss ist kleiner als bei Kulturhanf (FISCHER ET AL. 2005; CLARKE 2009).



Abbildung 3.3.: Wildhanf (*Cannaibis ruderalis*) (OFNER 2013)

2. **Kulturhanf** (*Cannabis sativa* var. *sativa*) erreicht eine Wuchshöhe von ca. 2,0 bis 4,0 Meter. Die Früchte sind hellgrau, 3,5 bis 5 mm lang und 2,5 bis 4 mm breit und fallen kaum ab. Die Blütenhülle der weiblichen Pflanze ist verkümmert.

Hanf (*Cannabis sativa*) ist eine sehr alte Kulturpflanze und wird zur Faser- und Ölgewinnung verwendet oder als Vogelfutter eingesetzt (FISCHER ET AL. 2005; HERER ET AL. 1996; GEISLER 1983).



Abbildung 3.4.: Nutzhanf (*Cannabis sativa*) (OFNER 2013)

3. **indischer Hanf** oder (*Cannabis indica*) unterscheidet sich durch schwächeren Wuchs und höheren THC-Gehalt.

Er ist in der Lage, durch Inhaltsstoffe rauschähnliche Zustände bei Menschen auszulösen.

Die verzweigte, dünnstämmige Pflanze wird bis zu 120 cm hoch (SCHREIBER 1997).

3.3. Registrierte Hanfsorten in der Europäischen Union

Die derzeitigen Hanfsorten werden in geografische Rassen (Formenkreise), nach der Herkunft in Breitengrade, eingeteilt. Der mediterrane Hanf wird fast ausschließlich als Faserhanf genutzt. Der mittelrussische Formenkreis zeigt geringere Fasererträge, dafür höhere Kornträge. Übergangssorten sind Kreuzungen beider Formenkreise (BOSCA 1995).

In der Europäischen Union werden für die Aussaat ausschließlich Sorten, die einen THC-Gehalt unter 0,2 % aufweisen (EU – RAT 2014; SALENTIYN ET AL. 2014) zugelassen. Bei der Aussaat muss ausschließlich zertifiziertes Saatgut verwendet werden. Bei Vor – Ort – Kontrollen müssen (in Österreich) die Sackanhänger vorgelegt werden!

3.3.1. Sorten

Positivliste aller genehmigten Sorten (Stand 1.1.2014):

Tabelle 3.2.: EU – Sortenliste Teil 1 (CALLAWAY ET AL. 2005)

Sorte	Zulassungsland	Zulassungsnummer
Armanca	Rumänien	1002
Asso	Italien	15
Beniko	Niederlande	x
	Österreich	567
	Polen	893
Cannakomp	Ungarn	149424
Carma	Italien	15
Chamaeleon	Niederlande	391
Codimono	Italien	15
Dacia Secuieni	Rumänien	1018
Delta-Ilosa	Spanien	275
Delta-405	Spanien	275
Denise	Rumänien	1018
Diana	Rumänien	1018
Dioica 88	Frankreich	8194

3. Ausgewählte Literatur

Tabelle 3.3.: EU – Sortenliste Teil 2 (CALLAWAY ET AL. 2005)

Sorte	Zulassungsland	Zulassungsnummer
Epsilon 68	Frankreich	8194
Fedora 17	Frankreich	8194
Felina 32	Frankreich	8194
Ferimon	Frankreich	8194
	Deutschland	4668
Fibranova	Italien	15
Fibrimor	Italien	15
Fibrol	Ungarn	149424
Finola	Finland	6157
Futura 75	Frankreich	8194
Ivory	Niederlande	722
KC Dora	Ungarn	149424
Kompolti	Ungarn	151322
	Niederlande	x
Kompolti hybrid TC	Ungarn	149424 H
Lipko	Ungarn	151322
	Lovrin	110
	Rumänien	1002
Marcello	Niederlande	722
Markant	Niederlande	722
Monoica	Tschechien	666
	Ungarn	149424
Red petiole	Italien	15
Santhica 23	Frankreich	8194
Santhica 27	Frankreich	8194
Santhica 70	Frankreich	8194
Secuieni Jubileu	Rumänien	1018
Silesia		
Silvana	Rumänien	1002
Szarvasi	Ungarn	108887
Tiborszallasi	Ungarn	105303
	Italien	1229
Tisza	Ungarn	105303
Tygra	Polen	893
Uniko B	Ungarn	151322 H
Uso-31	Niederlande	x
Wielkopolskie	Polen	893
Wojko	Polen	893
Zenit	Rumänien	1018

3.4. Standort und Fruchtfolge

Hanf findet optimale Wuchsbedingungen auf tiefgründigen, humosen und stickstoffreichen Böden mit guter Wasserführung. Er reagiert empfindlich auf Sauerstoffmangel. Daher sind für den Hanfanbau verdichtete, staunasse und schwere Böden ungeeignet. Hohe Temperaturen beschleunigen die Jugendentwicklung, den Massezuwuchs und die Abreife.

Hanf ist selbst verträglich, außerdem eine gute Vor- und (sofern zeitlich möglich) auch eine gute Nachfrucht. Das ausgeprägte Wurzelsystem ist maßgeblich (BIEHLER ET AL. 2007; AIGNER & ALTENBURGER 2012; RUTHENBERG & LANGKAU 1996).

Hanf kann in anderen Kulturen auch als Unkraut angesehen werden (SINGH ET AL. 2014; QURESHI ET AL. 2014).

3.4.1. Wetterdaten

Die Temperatur wurde in Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$) gemessen. Die Celsius – Skala hat vom Wasser ausgehend sehr wichtige stoffliche Eigenschaften zu Grunde gelegt.

Wichtige Punkte der Temperaturskala nach Celsius sind:

- $-273,16\text{ }^{\circ}\text{C}$ – Absoluter Nullpunkt (keine Bewegung der Teilchen)
- $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ – Gefrierpunkt/Taupunkt von Wasser
- $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ – Wasser hat die größte Dichte (ist am schwersten)
- $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ – Siedepunkt/Kondensationspunkt von Wasser

Der begrenzende Faktor im Weinviertel ist in der Pflanzenproduktion das Wasser. Bei natürlichen Niederschlagsereignissen kommt ungefähr alle zehn Jahre Grundwasserneubildung vor. Das zeigt sehr eindrucksvoll, wie die Landwirtschaft in diesem Gebiet auf Niederschläge angewiesen ist. Sehr viele Betriebe im Marchfeld nutzen daher das Grundwasser, um die Felder zu bewässern.

Die Wetterstation in Pysdorf fängt den Niederschlag auf und leitet diesen über eine Wippe ab. Die Wippe hat eine Kapazität, die 0,2 Liter/Quadratmeter

entspricht. Durch entleeren der Wippe wird ein Impuls aufgezeichnet. Daher ist die Genauigkeit dieser Messtechnik auf 0,2 Millimeter beschränkt.

3.5. Produktionsmaßnahmen bei Hanf

3.5.1. Bodenvorbereitung und Saat

Hanf benötigt ein gut abgesetztes Saatbett mit Anschluss an den kapillaren Wasseraufstieg von unten und lockeres Erdreich zur Abdeckung des Saatgutes. Die Saattiefe beträgt 2 bis 4 cm.

Hanf wird überwiegend mit einer Drillsämaschine bei Drillreihenabständen von 12 bis 20 cm gesät. Als Hackfrucht wären bis etwa 40 cm Reihenabstand vertretbar (AIGNER & ALTENBURGER 2012; MAYRHUBER ET AL. 1997; HÖPPNER & MENGE 1994).

Ein Versuch in Rumänien zeigt bei Reihenabstände bis zu 70 cm, jedoch mit massiven Ertragseinbußen (DAN ET AL. 2014).

Die Saatstärke richtet sich nach der Nutzung:

- 50 keimfähige Körner je Quadratmeter bei der reinen Kornnutzung
- 250 keimfähige Körner je Quadratmeter bei der reinen Fasernutzung
- ca. 150 keimfähige Körner je Quadratmeter bei der kombinierten Nutzung – Korn und Faser

Die Mindestsaatstärke in der EU beträgt 20 kg/ha (EU – RAT 2014)

3.5.2. Pflegemaßnahmen

Hanf ist eine pflegeleichte Kulturpflanze. In normalen Jahren sind keinerlei Pflegemaßnahmen erforderlich. In sehr trockenen Jahren kann Anwalzen nach der Saat von Vorteil sein (BOSCA & KARUS 1997; AIGNER & ALTENBURGER 2012; BOULOC ET AL. 2013).

3.5.3. Unkrautbekämpfung

Bei entsprechender Saatstärke und rascher Jugendentwicklung ist Hanf in der Lage, einen Großteil der Unkräuter zu unterdrücken. Vor allem das

schnelle Jugendwachstum ermöglicht der Pflanze, andere unerwünschte Pflanzen zu unterdrücken und zur Notreife zu zwingen (AMADUCCI ET AL. 2014; BOSCA & KARUS 1997; AIGNER & ALTENBURGER 2012; SCHÄFER 2003; RUTHENBERG & LANGKAU 1996; JANKAUSKIENE ET AL. 2014).

Probleme gibt es bei Nestern mit Ackerdistel und bei schlechtem Auflaufen beziehungsweise bei langsamer Jugendentwicklung des Hanfes (VOGL & HESS 1995). Weiters verursacht der weiße Gänsefuß vor allem bei sehr niedrigen Saatstärken Probleme (BOULOC ET AL. 2013; JANKAUSKIENE ET AL. 2014).

Eine mechanische Unkrautbekämpfung bei Hanf ist durch Hacke oder Striegel möglich. Herbizide sind bisher in Österreich nicht registriert.

3.5.4. Schädlingsbekämpfung

Im Keimblatt und ersten Laubblattstadium können Vögel, Schnecken und Hanferdföhe die aufwachsende Hanfpflanze am schnellen Wachstum hindern.

Während des Längenwachstums legt die Hanfmotte und der Maiszünsler ihre Eier in den Hanfstängel und die Larven entwickeln sich im Inneren des Stängels (BOSCA & KARUS 1997; AIGNER & ALTENBURGER 2012; GUTBERLET & KARUS 1995; BOULOC ET AL. 2013).



Abbildung 3.5.: Hanfmotte im Stängel (OFNER 2011)

In den Blättern entwickelt sich die Larve der Hanfminiermotte (BOSCA & KARUS 1997; AIGNER & ALTENBURGER 2012; GUTBERLET & KARUS 1995; BOULOC ET AL. 2013).



Abbildung 3.6.: Hanfminiermotte im Blatt (OFNER 2012)

Nach der Blüte besiedeln möglicherweise Blattläuse die Hanfpflanzen (GUTBERLET & KARUS 1995).



Abbildung 3.7.: Blattläuse an blühender Femelhanfpflanze (OFNER 2012)

Die angeführten Schädlinge weisen nach bisherigen Beobachtungen keinen Einfluss auf den Ertrag und die Qualität des Erntegutes auf.

3.5.5. Krankheiten

Bedeutende Pflanzenkrankheiten bei Hanf sind Grauschimmel (*Botrytis cinerea*), Hanfkrebs (*Scerotinia sclerotiorum*), Phoma (*Phoma sp.*), Alternaria (*Alternaria sp.*), Hanfrost (*Melampsora cannabina*) und Fusarium – Arten (*Fusarium ssp.*). Ein Großteil verursacht aber keinen wirtschaftlichen Schaden an der Kulturpflanze (AMADUCCI ET AL. 2014; BOSCA & KARUS 1997; GUTBERLET & KARUS 1995; SCHÖBER-BUTIN ET AL. 1999; AIGNER & ALTENBURGER 2012; BOULOC ET AL. 2013).

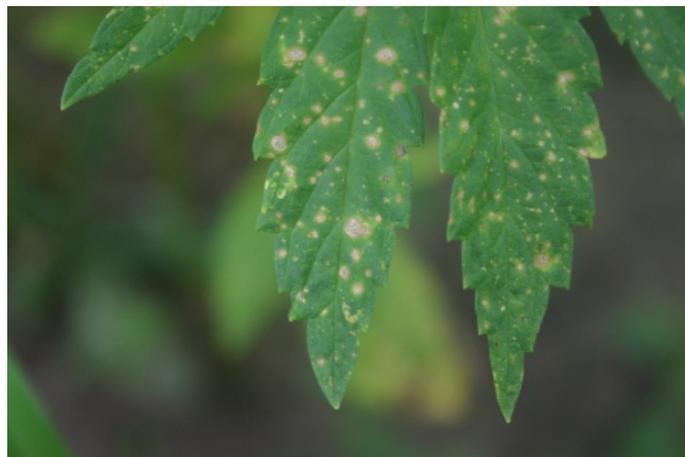


Abbildung 3.8.: Phoma und Alternaria am Blatt (OFNER 2011)

3.5.6. Düngung

Düngemaßnahmen zu Hanf sind unüblich, da die Pflanze in der Lage ist Nährstoffe zu mobilisieren (BOSCA & KARUS 1997; AIGNER & ALTENBURGER 2012; BOULOC ET AL. 2013). Der Nährstoffentzug beträgt:

Tabelle 3.4.: Nährstoffentzug bei Makronährstoffen in kg/ha durch Hanf (STOLZENBURG 2014; RÖSSLER 2012)

Nährstoff	STOLZENBURG 2005	RÖSSLER 2012
Stickstoff	100 – 150	100 – 140
Phosphor	50 – 75	80 – 120
Kalium	200 – 300	160 – 200
Calcium	150 – 200	
Magnesium	40 – 60	35

3.6. Ernte und Verarbeitung

Als Versuchsfrage wurde die Ganzpflanzennutzung Korn und Stroh festgelegt. Die Nutzung von nur Korn oder Stroh ist ökonomisch nicht wirtschaftlich.

In der Praxis wird der Fruchtstand der Hanfsaat mit einem Mähdrescher geerntet. Anschließend wird die stehende Restpflanze bodennah gemäht und am Feld zur „Röste“ liegen gelassen. Nach der mikrobiellen Aufschließung werden die Stängel gebrochen und danach mit einer Rundballenpresse gepresst (GUSOVIUS 2002; BOULOC ET AL. 2013).

Das Korn wird getrocknet, gereinigt und weiter verarbeitet.

3.6.1. Hanfprodukte

Hanfkörner und Hanföl

Das bedeutendste Erntegut im Nutzhanfanbau sind die Körner. Wegen des nussigen Geschmacks der Samen werden sie häufig als Knabbergebäck verwendet. Mehl aus Hanfsamen zeigt ähnlich gute Eigenschaften wie Weizenmehl (SVEC & HRUSKOVA 2014).

Vielfach wird aus der Hanfsaat Öl gepresst. Der hohe Gehalt an ernährungsphysiologisch wertvollen Fettsäuren wie Omega-3, Omega-6 und Gamma-Linolensäure ist hervorzuheben (GARCIA ET AL. 2014; BARTHET ET AL. 2014; KARIMI & HAYATGHAIBI 2006). Hanföl wird zunehmend in technischen Anwendungen eingesetzt.

Die Nutzung von Hanföl als biogener Treibstoff ist eine weitere Verwertungsmöglichkeit (MUTINSUMU ET AL. 2014).

Hanffasern und Hanfschäben

Die Hanffasern sind im äusseren Teil der Sprossachse zu finden. Hanffasern sind sehr reissfest und werden zur Verstärkung von Kunststoffen, in der Spritzgussanwendung, verwendet.

Die Hanfschäben, der Holzteil der Pflanze und wird als Tiereinstreu, als Heiz- oder Dämmmaterial eingesetzt (HERER ET AL. 1996; HAVERKAMP 2014).

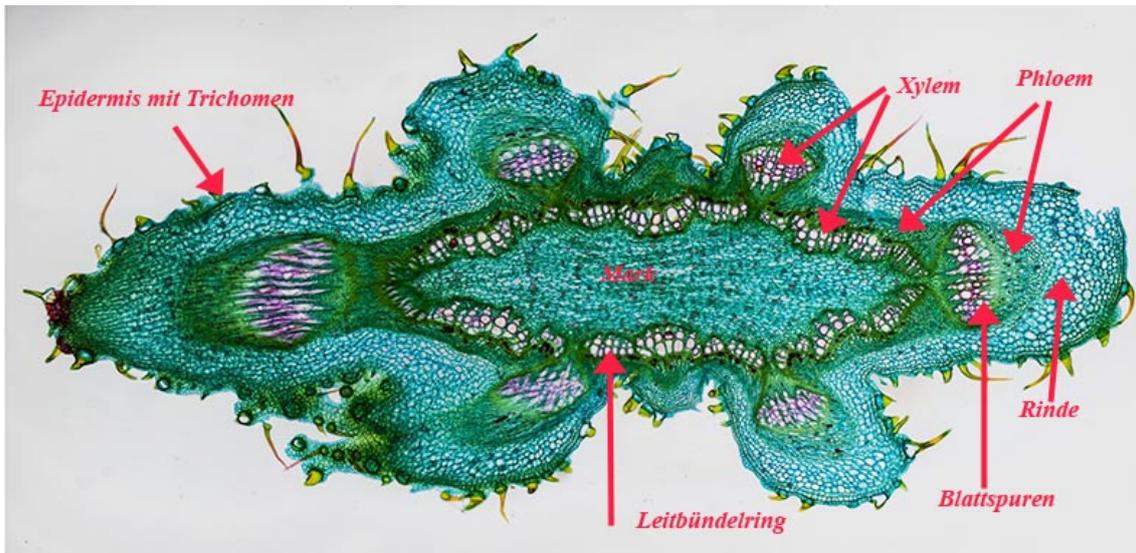


Abbildung 3.9.: Schnitt durch einen Hanfstängel; Foto: KÖSTLBACHER 2014

Die Hanfblätter enthalten natürliche antibakterielle Substanzen die beispielsweise Wirkungen auf *Staphylococcus* sp., *E. coli* und Vieles mehr haben (NAVEED ET AL. 2014).

Sonstige Hanfinhaltsstoffe (Cannabinoide)

Neben dem delta-9-Tetrahydrocannabinol, das durch die berauschende Wirkung aus der Hanfpflanze vielfach Probleme verursacht, sind weitere 60 Cannabinoide im Hanf zu finden (CLARKE 2009; BOULOC ET AL. 2013; PORTO ET AL. 2014):

- **Cannabidiol (CBD)**

Cannabidiol hat keine Rauschwirkung aber eine sehr gute schmerzstillende Wirkung (BOULOC ET AL. 2013).

- **Cannabigerol (CBG)**

Cannabigerol ist ein nicht-psychoaktives Cannabinoid und kann den Blutdruck senken (BOULOC ET AL. 2013).

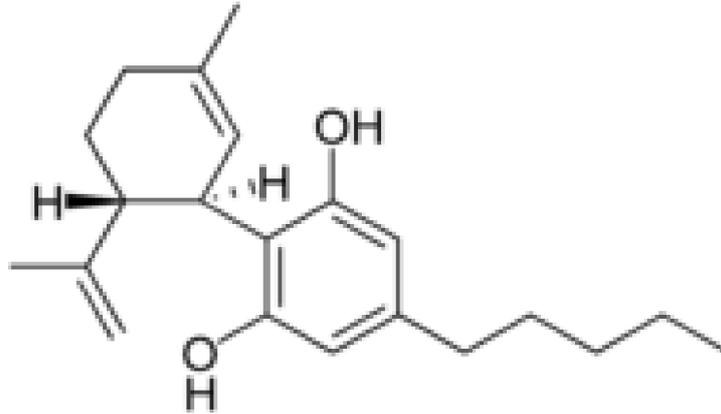


Abbildung 3.10.: Strukturformel CBD (BOULOC ET AL. 2013)

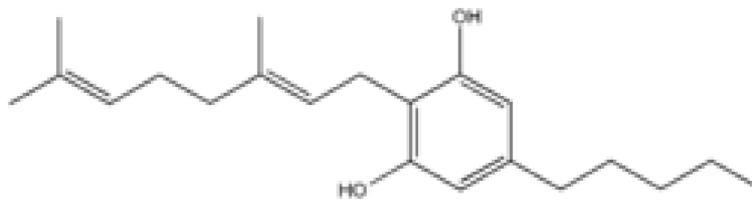


Abbildung 3.11.: Strukturformel CBG (BOULOC ET AL. 2013)

Nutzung der Hanfpflanze

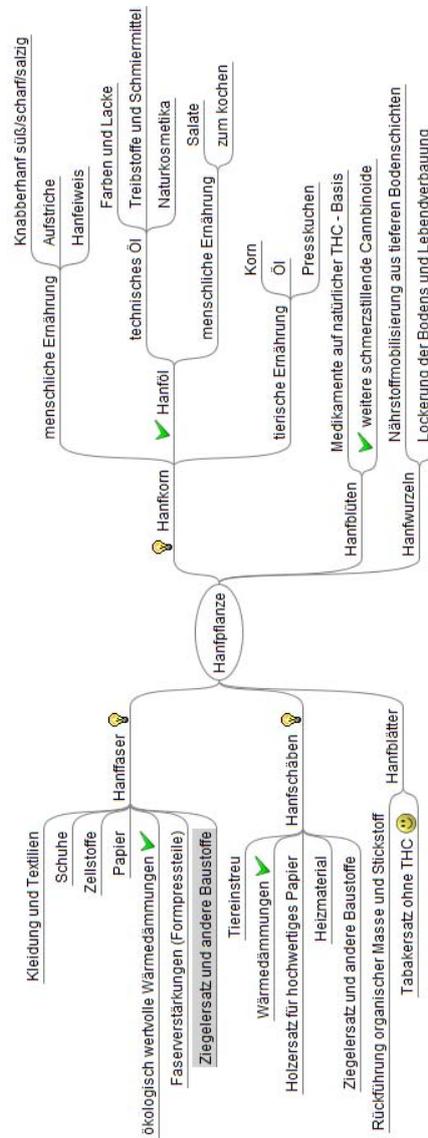


Abbildung 3.12.: Vielfältige Nutzung von Hanf (HERER ET AL. 1996; BOSCA & KARUS 1997) ergänzt

4. Material und Methoden

4.1. Versuchstandorte

4.1.1. Standort Hanfthal

Hanfthal ist eine Katastralgemeinde und liegt 2 km süd-östlich der Stadt Laa/Thaya. Das Dorf ist durch die bäuerliche Bevölkerung geprägt. Hanfthal befindet sich 60 Kilometer nördlich der Bundeshauptstadt Wien. Die geografische Lage von Hanfthal ist $16,36^\circ$ östlich und $48,70^\circ$ nördlich (WGS84).

Die Feldversuche wurden auf Feldern des Landwirtes G. Schmid, der sich mit dem Anbau von Hanf beschäftigte angelegt.

Als innovativer Landwirt hat sich G. Schmid (Landwirtschaftsmeister) aus Hanfthal bereit erklärt, Versuchsflächen zur Verfügung zu stellen. Hanf hat am konventionell geführten Betrieb Schmid eine lange Tradition und einen hohen Stellenwert.

Durch die Übernahme der Firma Nowakorn und die Gründung der Firmen Hanfland KG, Hanfnuss Verarbeitung GmbH und Hanfstrohverwertungs GmbH wurde G. Schmid zu einem regional bedeutenden Geschäftspartner (WENINGER 2013).

Im Versuchsjahr 2011 lagen die Versuchsflächen im Ried „Walkenhübel“ auf zwei getrennten Feldstücken ($16,36220^\circ$ E; $48,71383^\circ$ N und $16,36277^\circ$ E; $48,71136^\circ$ N).

Im Jahr 2012 befand sich die Versuchsfläche im Ried „Neusiedl“ ($16,59665^\circ$ E; $48,23399^\circ$ N).

Im Jahr 2013 standen die Feldversuche in der Katastralgemeinde Altenmarkt, Ried „Trift“ ($16,39761^\circ$ E; $48,69403^\circ$ N).

Klima

Der Standort Hanfthal wird vom kontinentalen Klima geprägt. Kalte, schnee- arme Winter und heiße, trockene Sommer prägen diesen Produktionsraum. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 9,3 °C und die langjährige Nieder- schlagssumme liegt bei 478 Liter pro Quadratmeter ÖSTERREICHISCHE BO- DENKARTIERUNG 1976.

Boden

Der Boden in Hanfthal ist größtenteils mitteltiefgründiger Tschernosem. In ge- ringem Umfang sind auch Gleyböden entlang der Thaya und deren Altarme, sowie Rohböden aus tertiären Sanden und Feuchtschwarzerden in weiten fla- chen Mulden zu finden (BMF 2005).

Vorfrucht und Ertragslage

Tabelle 4.1.: Vorfrüchte und Lage des Feldversuches in Hanfthal, 2011 bis 2013

Jahr	Vorfrucht	Ertragslage	Gemeinde	Feldstücksnummer
2011	Brache	mittel	Hanfthal 13018	
2012	Sorghumhirse	hoch	Hanfthal 13018	1590 und 1591
2013	Winterweizen	hoch	Altenmarkt 13001	400 bis 403

Versuchsdurchführung Versuchsstandort Hanfthal

Der Hanf wurde am 16. April 2011 mit zwei unterschiedlichen Sätechniken – Drillsaat mit einer Reform Semo 100 (3 Meter) und mit einer Einzelkornsä- maschine Gaspardo mit 1,5 Meter Arbeitsbreite (adaptierte Zwiebelmä- schine) in nicht verschachtelten Langparzellen, gesät.

Durch die Anlage von drei unechten Wiederholungen mit einer Parzellen- gröÙe von 120 m² wurde versucht, die vorgegebene Hanfanbaufläche als Ver- suchsfläche zu nutzen.

In den Jahren 2012 und 2013 wurde die Parzellen- Drillsätechnik eingesetzt. Gesät wurde im Jahr 2012 am 23. März, im Jahr 2013 am 17. April. Es wurden zwei, nach Saatstärke getrennte, Versuchsanlagen errichtet.

4.1.2. Versuchsstandort Groß Enzersdorf

Groß Enzersdorf liegt am östlichen Stadtrand von Wien, nördlich der Donau. Das Versuchsfeld Raasdorfer Schlag liegt $16,55^\circ$ östlich von Greenwich und $48,20^\circ$ nördlich des Äquators (WGS84).

Nach Gründung der Hochschule für Bodenkultur Wien im Jahre 1874 war die Versuchswirtschaft ein Geschenk des damaligen Kaisers Franz Josef an die Universität (1903). Die Versuchswirtschaft wurde nahe der ehemaligen Dampf-Tramway-Station errichtet. Durch die Errichtung von Feldversuchen konnte die Lehre für Studenten anschaulicher gestaltet werden. Diese und weitere Ackerflächen im nahegelegenen Raasdorf, werden derzeit von der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien in Groß Enzersdorf bewirtschaftet.

Im Jahr 2011 war der Hanfversuch am H-Schlag in Groß Enzersdorf ($16,56157^\circ$ E; $48,20044^\circ$ N). Im Jahr 2012 befanden sich die Versuchspartzellen am Schlag R3/4 ($16,59770^\circ$ E; $48,23844^\circ$ N) in Pysdorf, einer Katastralgemeinde von Raasdorf. Im Jahr 2013 wurde der Hanfversuch in Raasdorf (R3/4), auf einem anderen Feldteil ($16,59665^\circ$ E; $48,23399^\circ$ N) angelegt.

Klima

Groß Enzersdorf liegt im pannonischen Klimagebiet. Das Klima zeichnet sich durch heiße, trockene Sommer und kalte, schneearme Winter aus. Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei $9,8^\circ\text{C}$ und die mittlere Niederschlagssumme ist 546 Liter je Quadratmeter. Im Sommer ist mit heftigen Gewittern zu rechnen, im Winter sind – durch die offene Lage – Schneeverfrachtungen häufig.

Boden

Die Böden an der Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf ist ein Tschernosem der Praterterasse. Die Bodenbildung wurde durch die nahe Donau massiv mitbestimmt. Die Mächtigkeit des A-Horizontes ist zwischen 40 und 90 Zentimeter, gefolgt von 0 bis höchstens 20 Zentimeter AC-Horizont. Der C-Horizont ist fast ausschließlich Donauschotter.

Vorfrucht und Ertragslage

Tabelle 4.2.: Vorfrüchte und Feldstücke der Hanf - Feldversuchsflächen in Groß Enzersdorf, 2011 bis 2013

Jahr	Vorfrucht	Ertragslage	Gemeinde	Feldstücksnummer
2011	Sommerhafer	hoch	Groß Enzersdorf	776/1
2012	Getreide	hoch	Pysdorf	39
2013	Getreide	hoch	Pysdorf	39

Versuchsdurchführung

Im Jahr 2011 wurde der Hanf in Groß Enzersdorf am 29.04.2011 mit der Parzellendrillmaschine Wintersteiger System: Plotseed gesät.

Die Saat im Frühjahr 2012 erfolgte am 24. März. Im Jahr 2013 wurde am 18. April gesät.

Mit Ausnahme der Saatbeetbereitung und dem Fräsen der Wege erforderte der Hanf keine weiteren Pflegemaßnahmen.

4.2. Sorten

Folgende Sorten wurden in den Versuchsjahren 2011, 2012 und 2013 gesät:

Tabelle 4.3.: Hanfsorten im Feldversuch, 2011 bis 2013

Nr.	Sorte	Jahr 2011	Jahr 2012	Jahr 2013
1.	Epsilon 68	xxx	xxx	xxx
2.	Fedora 17	xxx	xxx	xxx
3.	Felina 32	xxx	xxx	xxx
4.	Felina 32 Nachbau	xxx		
5.	Ferimon	xxx	xxx	xxx
6.	Futura 75	xxx	xxx	xxx
7.	KC Dora			xxx
8.	Santhica 27	xxx	xxx	xxx
9.	Tiborszallasi			xxx
10.	Tisza			xxx
11.	Uso-31	xxx	xxx	xxx
12.	Finola		xxx	xxx

4.3. Saatstärken

Die Sorte Finola war im Jahr 2012 im Block verschachtelt, konnte sich aufgrund der geringen Wuchshöhe nicht optimal entfalten und sorgte gleichzeitig für unerwünschte Randeffekte. In Hanfthal wurde mit dieser Sorte im Jahr 2013 ein eigener Block mit vier unterschiedlichen Saatstärken (30, 60, 90 und 120 Körner je m²) angelegt.

Die angeführten Sorten wurden am Versuchstandort Groß Enzersdorf in zwei Saatstärken (50 bzw. 250 keimfähige Körner je m²) gesät.

Am Versuchsstandort Hanfthal wurde im Jahr 2011 die Saat mittels Drillsämaschine mit einer Saat durch eine Einzelkornsämaschine beurteilt.

In den Jahren 2012 und 2013 kam die Parzellen - Drillsämaschine der Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf zum Einsatz.

4.4. Wetterdaten

Die Witterungsdaten am Standort Groß Enzersdorf wurden von der Wetterstation der Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf in Pysdorf (Raasdorf) ermittelt. Die Wetterstation befindet sich 16,59170 ° östliche Breite und 48,23542 ° nördliche Höhe. Die Distanz der Wetterstation zum Versuch betrug im Jahr 2011 ca. 4.500 Meter Luftlinie, im Jahr 2012 ca. 200 Meter und im Jahr 2013 ca. 350 Meter.

Die angeführte Wetterstation (Firma Adcon) zeichnet alle 15 Minuten die Wetterparameter auf. Die Niederschlagsmengen werden summiert, alle anderen Parameter wie Temperatur in 2,0 m Höhe, Bodentemperatur, Luftfeuchte, Blattnässe, Windgeschwindigkeit, Windrichtung usw., werden als Mittelwert pro Viertel Stunde angegeben.

Pflanzenbaulich am bedeutendsten sind die Temperatur und der Niederschlag. Daher werden in dieser Arbeit nur die beiden Parameter beschrieben.

Der Temperaturverlauf setzt dem Pflanzenwachstum gewisse Grenzen – Keimminimum bei der Keimung – Feldaufgang oder Spätfrost in der Jugendentwicklung beeinträchtigen die Fruchtarten genauso wie heiße, trockene Phasen im Hochsommer.

4.5. Ernte und Verarbeitung

4.5.1. Parzellenernte

Die Ernte erfolgte händisch mit Sichel und Quadratmeter-Rahmen. Die Pflanzen wurden mit dem Fruchtstand voran in beschriftete Säcke gesteckt und zum Trocknen, Dreschen und Verwiegen an die Versuchswirtschaft in Groß Enzersdorf transportiert.

Im Jahr 2011 wurde in Hanfthal bei der Einzelkornsaat an drei Ernteterminen, am 5. und 19. September und am 3. Oktober geerntet. Die Drillsaatvariante wurde hingegen nur am 19. September zur Haupternte geerntet. In Groß Enzersdorf erfolgte die Ernte am 22. September 2011.

Durch die einheitliche Sätechnik konnte auch die Handernte in den Jahren 2012 und 2013, vereinfacht werden. Es wurden von je fünf Reihen zwei Laufmeter des Hanfbestandes (entspricht 1,2 Quadratmeter) geerntet, eingesackt und an der Versuchswirtschaft umfassend ausgewertet.

Im Jahr 2012 konnte nur in Groß Enzersdorf am 11.09.2012 geerntet werden. Der Hanfthaler Versuch wurde durch einen starken Hagel wenige Tage vor der Ernte extrem geschädigt.

2013 wurde der Hanf am Standort Hanfthal am gleichen Tag wie in Groß Enzersdorf, am 27.09.2013, geerntet.

4.5.2. Mähdrusch

In den Jahren 2011 und 2012 wurde in Groß Enzersdorf der Hanf mit einem Wintersteiger Delta Parzellenmähdrescher gedroschen. Die sehr reißfeste Faser verursachte Probleme beim Drusch. Die Welle der Dreschtrommel muß bei einem Langzeiteinsatz ausreichend vor Verwicklung mit Hanfstroh geschützt werden.

4.5.3. Bearbeitung des Erntegutes

An der Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf wurden die Säcke gewogen und kurzzeitig getrocknet. Beim Drusch wurden die Körner von der Restpflanze getrennt, gereinigt, gewogen und bis Gewichtskonstanz getrocknet (mind. 24 h bei 105 °C) (JONES & HAMPTON 2010; ASABE 2009).



Abbildung 4.1.: Versuchsernte mittels Mähdrescher; Foto: SCHMIDT 2013

Als Ersatz für die Feldröste wurden die Restpflanze im Glashaus nachgetrocknet. Nach ca. 6 Wochen erfolgte durch einen weiteren Mähdreschereinsatz das Trennen von Schäben und Fasern. Die Fasern und die Schäbenmenge wurden variantenbezogen ermittelt.

Die am Feld ermittelten Werte wurden in Dezitonnen je Hektar (dt/ha) umgerechnet.

4.6. Datenerfassung, mathematische und statistische Auswertung

4.6.1. Klima und Witterung

Von den ermittelten Witterungsdaten in Groß Enzersdorf wurde die tägliche Niederschlagssumme in mm und der Tagesmittelwert der Lufttemperatur in °C errechnet.

4.6.2. Datenerfassung

Die Bestandesdichte, Pflanzen pro Quadratmeter, und die durchschnittliche Wuchshöhe in Zentimeter wurde von einem vorher festgelegten Teil der Parzelle ermittelt.

Weiters wurden auftretende Krankheiten und Schädlinge erfasst und fotografisch festgehalten.

Ertragsdaten

Die Ertragsdaten wurden Parzellenweise ermittelt und in kg/ha, auf 9% Wassergehalt, in die Verrechnung aufgenommen.

Bei der Verrechnung (AIC und ANOVA) wurden folgende Parameter eingesetzt:

- **Jahr:** das Jahr in dem der Hanf am Feld stand („Factor“)
- **Sorte:** die Sorten werden für die statistische Auswertung mit einheitlichen Zahlencodes (Abweichend vom Versuchsplan der einzelnen Jahre) bezeichnet. (die Sorte ist ein „Factor“); (Vergleiche: Sorten im Versuch, Kapitel 4.3)
- **ST:** Sätechnik (EK für Einzelkorn, DRILLE für Drillsaat) – nur im Jahr 2011 Standort Hanfthal
- **SST:** die Saatstärke wird in keimfähige Körnern je Quadratmeter angegeben und ist ein wesentlicher Bestandteil für die Entwicklung des Bestandes (die Saatstärke ist ein „Factor“)
- **Termin:** Erntetermin für Hanfthal 2011
- **WH:** die Wiederholungen sind weitere Parzellen der gleichen Variante am Standort (die Wiederholung ist ein „Factor“)
- **Standort:** die zwei Versuchsstandorte werden der Einfachheit halber mit GE für Groß Enzersdorf und HT für Hanfthal abgekürzt (der Standort ist ein „Factor“)
- **Bestand:** ist die Bestandesdichte in Pflanzen je Quadratmeter

- **Anzahl:** Bestandesdichte in Pflanzen pro Quadratmeter
- **Buendel:** ist die Masse in Dezitonnen (dt) hochgerechnet auf einem Hektar Fläche, ausgehend vom druschfertigen Bündel.
- **Korn:** ist die Kornmasse in dt/ha der gedroschenen, gereinigten und auf einen Wassergehalt von 9,0 % Wasser in der Trockenmasse bereinigten Ertrag (ASABE 2009; JONES & HAMPTON 2010)
- **Schaeben:** Schäbenertrag in dt/ha – nach der Röste (trocken)
- **Faser:** ist die Masse an Faser, in dt/ha, ausgehend vom Bündel – trockene Fasern (nach Röste)
- **Note:** Schulnotensystem für die Lösbarkeit der Schäben von den Fasern (1 ist leicht löslich, 5 kaum löslich)
- **Hoeh:** ist die Wuchshöhe in Zentimeter (cm)

4.6.3. Statistikprogramm „R“, Signifikanzniveau und Auswertung von Daten

Als Statistikprogramm wurde „R 3.1.0“ gewählt. Gründe für diese Entscheidung ist die Aktualität.

Das Programm ist unter einer freien Lizenz wie „GNU“ (**G**NU's **N**ot **U**nix) entwickelt worden und wird ständig erweitert und ergänzt.

Einzige Problemstellung in diesem System ist, die auf die Versuchsanlage bezogene Version im Internet zu finden und entsprechend anzuwenden.

Im universitären Bereich wird dieses Statistikprogramm durch den leichten Zugang häufig eingesetzt.

Zahlen, die zur Beschreibung des Versuches benötigt wurden, wurden als „Factor“ gespeichert. Zum Beispiel erste, zweite und dritte Wiederholung!

Signifikanzniveau

Statistisch kein Unterschied ist bei größer $P=0,05$; zwischen $P=0,05$ und $P=0,001$ sind die Unterschiede signifikant und kleiner $P=0,001$ werden die Ergebnisse als hochsignifikant ausgewiesen (OFNER 2008).

Test long enough, find anything

Statistik dient dazu, erkannte Zusammenhänge zu erfassen und vorliegende Ergebnisse darzustellen. Eine weitere Verrechnung der ermittelten Daten ist aus diesen Gründen kontraproduktiv und wurde unterlassen.

Auswertung von Daten

Um eine ANOVA anwenden zu dürfen, müssen drei Voraussetzungen gegeben sein:

- die Daten müssen „unabhängig“ sein,
- die Daten müssen „normalverteilt“ sein und
- die Daten brauchen eine entsprechende „Varianzhomogenität“

Normalverteilung

Durch den Test auf Normalverteilung nach „Shapiro - Wilk“ werden die Daten mit einer Normalverteilungskurve verglichen. Sollten diese Daten signifikant von der Normalverteilung abweichen, dann kann bei einfachen Modellen durch eine entsprechende Transformation Abhilfe geschaffen werden (RUF 2007).

Folgende Transformationen sind möglich:

- bei rechtsschiefen Daten kann durch eine Wurzel-, arcus sinus- oder eine Logarithmustransformation Abhilfe geschaffen werden.
- bei linksschiefen Daten werden die Quadratzahlen zur weiteren Verrechnung verwendet.

Das Programm bietet auch noch die Möglichkeit, durch eine spezielle Anwendung (Box-Cox-Powers) die Daten möglichst genau der Normalverteilung anzupassen (RUF 2007).

nicht - parametrische Tests

Für alle Daten, die nicht normalverteilt sind, wurden weniger aussagekräftige Tests (Rangsummen – Test) herangezogen.

Zum Vergleich von 2 Mittelwerten wurde der Wilcoxon – Rangsummentest angewandt (Ersatz für t-Test).

Bei einer größeren Anzahl an Beobachtungen wurde der Kruskal-Wallis – Rangsummentest verwendet (als Ersatz für die ANOVA).

Varianzhomogenität

Durch den Levene – Test wird die Homogenität (Gleichheit) der Varianz (Streuung) festgestellt. Bei diesem Test darf sich kein signifikanter p-Wert ergeben.

4.6.4. ANOVA

Bei der ANOVA (ANalysis Of VAriance) wurde hauptsächlich mit dem Typ „III“ gerechnet.

Da die Parametereinschätzung bei einer Standard - ANOVA (Typ „I“) aufgrund der Reihung der Beobachtung im Modell verrechnet wird, ist diese Art der Abweichungserklärung unzulässig.

Eine Reihung, in welcher Art und Weise auch immer, ist nicht statthaft, da dies eine grobe Beeinflussung des Ergebnisses darstellt.

Durch den angeführten Typ „III“ wird jede Beobachtung als letztes ins Modell gestellt. Somit trifft diese Art der ANOVA am ehesten die tatsächliche Beeinflussung des Untersuchungsparameters. (RUF 2007; OFNER 2008)

4.6.5. PostHoc Test TukeyHSD

Zur Ermittlung der Unterschiede nach der Anova wurde ein PostHoc Test „TukeyHSD“ mit einem Konfidenzintervall von 95 % herangezogen. (RASCH ET AL. 2007; RUF 2007; OFNER 2008)

4.6.6. AIC - Bedeutung und Möglichkeiten der Modelloptimierung

Der Akaike Information Criterion, kurz „AIC“, ist eine Maßzahl für die Genauigkeit eines statistischen Modells. Der AIC berücksichtigt sowohl die Streuung der einzelnen Beobachtungen wie auch die Stichprobengröße und die Anzahl der Parameter.

Durch Schrittweise Vereinfachung des Modelles (step.AIC) versucht die Software die wesentlichen Parameter des Modelles herauszuarbeiten und durch Weglassen unwichtiger Parameter das Modell zu optimieren.

Diese Aussage beruht auf dem „Gesetz der Sparsamkeit“ nach Willam Occam (1280 – 1349). Ziel ist es mit möglichst wenigen Faktoren ein Phänomen zu erklären (RUF 2007).

4.6.7. Zusammenfassung des Modells

Durch die Funktion „summary“ wird eine Zusammenfassung des errechneten Modells angezeigt (OFNER 2008).

Am Beginn der Ausführung wird nochmals die Formel angeführt.

Beispiel:

`lm(data12_Korn SST * Sorte * Standort, data=data13)` bedeutet „Lineares Modell“ (Kornertrages 2012 im Bezug auf alle Wechselwirkungen der Parameter Saatstärke (SST), Sorte und Standort; Daten aus dem Datensatz „data12“).

Im aktuellen Beispiel wird die signifikanz des optimierten Modelles `lm(log13_korn SST + Sorte + Standort + SST:Sorte + SST:Standort)` dargestellt.

Durch die schrittweise Optimierung konnte die Wechselwirkung von SST:Sorte:Standort und die Wechselwirkung von Sorte:Standort ausgeschlossen werden.

In der ersten Spalte ist der Parameter angegeben, gefolgt von den Freiheitsgraden (Df), die Sum of Square (Sum Sq), den Durchschnittsquadrate (Mean Sq), den F – Wert der Faktoren (F value), den P – Wert ($\text{Pr}(> F)$) und am Ende den Signifikanzcode (Vergleiche Anhang C.2).

4.6.8. Grafische Auswertungen der Versuchsdaten

Boxplot

Beim Boxplot werden die Daten unverändert dargestellt. Der starke Balken in der Mitte der Box (Viereck) entspricht dem Median der Daten, während die gesamte Box der Hälfte der gemessenen Werte entspricht (oberes und unteres Quantil). Die strichförmigen Antennen (Whisker) reichen bis zum 1,5-fachen der Boxlänge (Inter-Quartil-Range IQR). Sollten der Minimum-

bzw. Maximumwert näher am Median sein als das 1,5-fache der Boxlänge, reicht der Whisker bis zu dieser Länge. Aussenliegende Werte werden als Ausreißer eingezeichnet.

Streudiagramm

Das Streudiagramm wird auch als Scatterplot bezeichnet. Durch Punktwolken können zwei numerische Größen in Bezug gebracht werden. Eine Größe wird auf der X-Achse und die andere auf der Y-Achse aufgetragen.

- wenn die Punktwolke gleichmäßig über die gesamte Diagrammfläche verteilt ist, dann wird von keinerlei Zusammenhang ausgegangen
- wenn die Punktwolke waagrecht angeordnet ist, so kann von einer geringen Streuung im Bereich der Y-Achse und einer größeren Streuung im Bereich der X-Achse ausgegangen werden.
- wenn die Punktwolke senkrecht angeordnet ist, so kann von einer geringen Streuung im Bereich der X-Achse und einer größeren Streuung im Bereich der Y-Achse ausgegangen werden.
- sollte sich die Punktwolke von der rechten, unteren Ecke in Richtung linke, obere Ecke ziehen, so spricht man von einer positiven Korrelation (je mehr, umso mehr!); ein typisches Beispiel wären die Wuchshöhe und der Restpflanzenertrag.
- Zieht sich die Punktwolke von der rechten, oberen Ecke in Richtung linke, untere Ecke, so spricht man von einer negativen Korrelation (je mehr, umso weniger!); ein typisches Beispiel wäre der Proteingehalt und der Ertrag bei Weizen.

Teilweise wurden die einzelnen Sorten farblich gekennzeichnet und die Versuchstandorte und Saatstärken zusätzlich durch verschiedene Symbole ausgewiesen. Dadurch können Sortenunterschiede erkennbar gemacht werden. Im Streudiagramm sind die einzelnen Sorten farblich getrennt:

- Epsilon 68 — Grau
- Fedora 17 — Magenta

- Felina 32 — Gelb
- Ferimon — Blau
- Futura 75 — Rot
- Santhica 27 — Orange
- Uso 31 — Grün

Tabelle 4.4.: Legende Scatterplot bei unterschiedlichen Saatstärken, Standort Hanfthal und Groß Enzersdorf

Standort	Hanfthal	Groß Enzersdorf
50 Körner/m ²	gefülltes Quadrat	gefüllter Kreis
100 Körner/m ²	gefülltes Dreieck	Kreis mit X
250 Körner/m ²	auf die Spitze gestelltes Quadrat	Quadrat und Dreieck

Die schwarze Linie in dieser Darstellung kennzeichnet die mittlere Regressionsgerade, mit Hilfe derer wird das lineare Modell am besten beschrieben. Diese Linie hat die Form einer Geraden: $\mathbf{f}(\mathbf{x}) = \mathbf{k} \cdot \mathbf{x} + \mathbf{d}$. Alle weiteren Linien sind die Regessionsgeraden in der jeweiligen Sortenfarbe.

4.7. Deckungsbeitrag

Für einen Vergleich bezüglich der Wirtschaftlichkeit der verschiedenen landwirtschaftlichen Fruchtarten dient der Deckungsbeitrag als Maßzahl. Der Deckungsbeitrag vergleicht den Rohertrag abzüglich der variablen Kosten, das sind Kosten, die nur anfallen, wenn dieser Betriebszweig tatsächlich am Betrieb durchgeführt wird. Beispielsweise kauft man nur Hanfsaatgut, wenn tatsächlich Hanf am Betrieb gesät wird.

Die variablen Maschinenkosten wurden nach ÖKL-Richtwerten mit der Maschinenausstattung des Betriebes G. Schmid (Hanfthal) berechnet. Folgende Arbeitsschritte wurden berücksichtigt:

- 2x Grubber – beispielsweise nach Getreide
- Kreiselegge + Sämaschine – kombinierte Aussaat

- Düngung – Kosten für die Düngerausbringung
- Transport – zur nächsten Verarbeitungsstelle

Tabelle 4.5.: Schema zur Errechnung des Deckungsbeitrages bei Hanf (Korn + Faser) (WENINGER 2013) – VERÄNDERT; Preise aus dem Jahr 2012, konventionell – exkl. Steuern

	Hanf	
	Korn	Stroh
Ertrag (dt/ha):	8.5	50
Preis / dt Ware	120 €	4.5 €
Summe Ertrag:	1245 €	
Saatgut	210,00 €	
Handelsdünger (nach Entzugswerten)	272,80 €	
Pflanzenschutz	0,00 €	
var. Maschinenkosten	245,90 €	
Lohndrusch	180,00 €	
Reinigung & Trocknung	134,30 €	
Summe variable Kosten	1043 €	
Deckungsbeitrag je ha	202 €	

Das Schema der Tabelle 4.5 ist Basis der in der Arbeit angeführten wirtschaftlichen Berechnungen.

Durch Anpassen der jeweiligen Erträge, der Produktpreise, der Reinigungs- und Trocknungskosten sowie der Aussaatmenge und des Saatgutpreises wurde die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Sorten und Jahre vergleichend berechnet.

5. Ergebnisse

5.1. Klima und Witterung an den Versuchsstandorten in den Jahren 2011 bis 2013

Die Witterung während der Hauptvegetationszeit ist für den Wachstums- und Entwicklungsverlauf bei Hanf von Bedeutung.

Wetterdaten

Zur Erstellung des Klimadiagrammes nach Walter und Lieth wurden die Tagesmittelwerte zu Monatsmittel zusammengefasst. Die Werte sind in einem Linien- Säulen- Diagramm dargestellt worden, wobei ein Grad Celsius zwei Liter Niederschlag pro Quadratmeter darstellen.

Definitionsgemäß handelt es sich um:

- **humide** Gebiete, wenn die Säulen des Niederschlages über der Temperaturkurve liegen
- **semihumide** Gebiete wenn, die Säulen des Niederschlages in 6 bis 9 Monate des Jahres über der Temperaturkurve liegen
- **semiaride** Gebiete wenn, die Säulen des Niederschlages in 6 bis 9 Monate des Jahres unter der Temperaturkurve liegen
- **aride** Gebiete wenn, die Säulen des Niederschlages unter der Temperaturkurve liegen

Die Grafik vergleicht die mögliche Verdunstung (aufgrund der Temperatur) mit dem gefallenem Niederschlag.

Weiters wurde die Wärmesumme, ähnlich der Ermittlung der FAO – Zahl bei Mais- Sortenzulassung, gemessen. Hierbei werden alle Tagesmittelwerte,

die größer als +5 °C waren, in der Vegetationsperiode der Kultur aufsummiert.

Diese Temperatursumme wird in Gradtagen (Kd) angegeben. Durch diese Darstellung wird sowohl die Temperatur als auch die Zeit erfasst. Eine grafische Darstellung in Form einer Temperatursummenkurve wurde ebenfalls erstellt.

Frühreife Sorten benötigen vom Aufgang bis zur technischen Reife eine Wärmesumme zwischen 1900 °C und 2000 °C. Bis zur Samenreife sind es zwischen 2700 °C und 3000 °C (BOSCA & KARUS 1997; FERTL 2000; ROSCHER 2000) sein.

Tabelle 5.1.: Klimadaten Groß Enzersdorf

Standort & Jahr	Temperatur	Niederschlag	Wärmesumme	Vegetationsdauer
Groß Enzersdorf 2011	10,48 °C	385,4 l/m ²	2729 °C	147
Groß Enzersdorf 2012	10,91 °C	415,0 l/m ²	3042 °C	171
Groß Enzersdorf 2013	10,39 °C	456,4 l/m ²	2954 °C	163
langjähriges Mittel GE	9,8 °C	546 l/m ²		

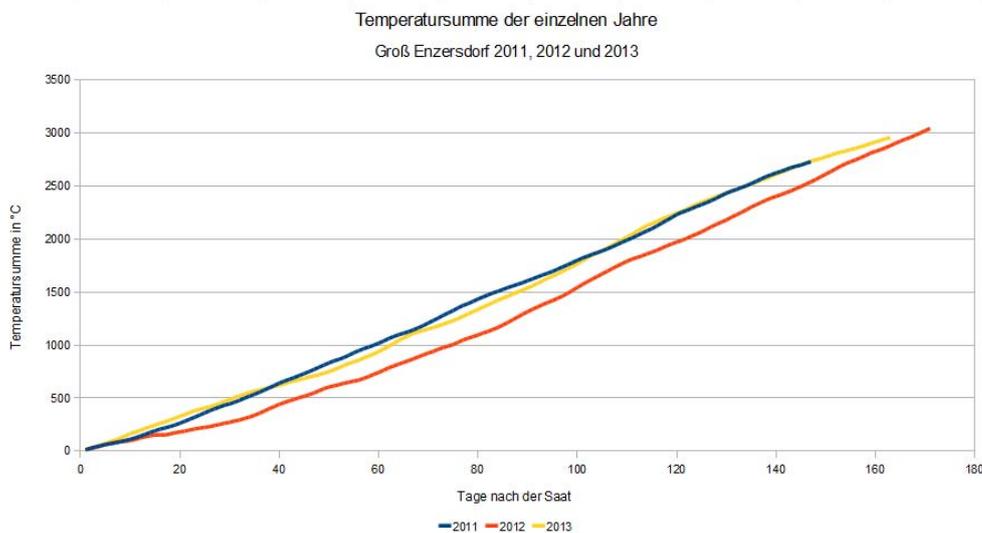


Abbildung 5.1.: Temperatursummenkurve für die Jahre 2011, 2012 und 2013, Versuchstandort Groß Enzersdorf

Witterungsverlauf im Jahr 2011, Groß Enzersdorf

Die Daten wurden von Gansberger, Universität für Bodenkultur Wien, erhoben und für die Arbeit zur Verfügung gestellt.

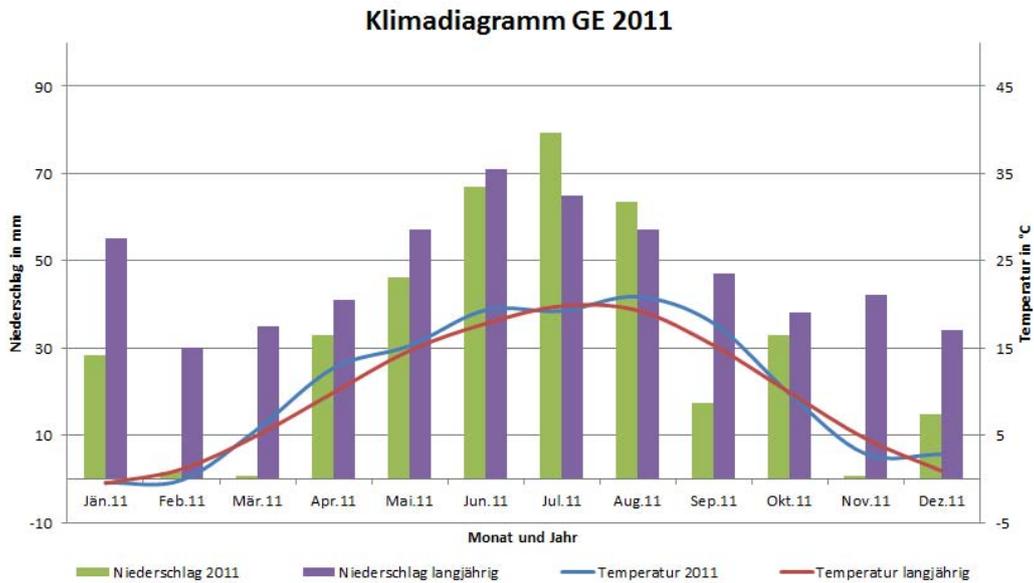


Abbildung 5.2.: Klimadiagramm nach Walter / Licht, Versuchstandort Groß Enzersdorf, Jahr 2011

Das Jahr 2011 war ein mildes, trockenes Jahr. Geringe Niederschläge im Winter und Frühling wurden durch überdurchschnittliche Regenfälle im Mai, Juni und Juli teilweise kompensiert. Die Jahresniederschlagsmenge betrug 385,4 Liter je Quadratmeter, die Temperaturkurve war nahe dem langjährigen Durchschnitt (EITZINGER & GERERSDORFER 2014).

Witterung im Jahr 2012, Versuchsstandort Groß Enzersdorf

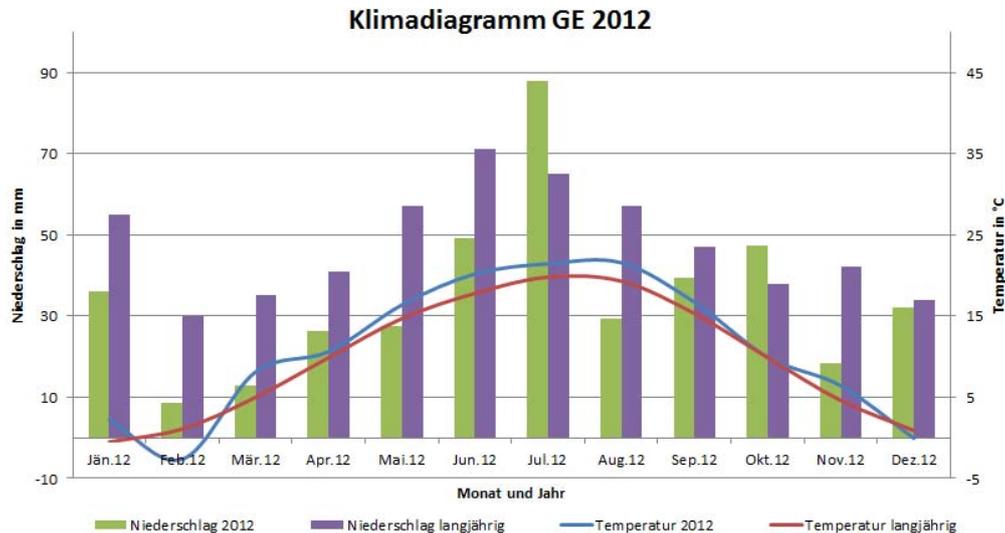


Abbildung 5.3.: Klimadiagramm nach Walter / Licht, Groß Enzersdorf 2012

Im Jahr 2012 gab es einen überdurchschnittlich kalten Februar (Monatsmittel $-2,6\text{ °C}$) gefolgt von einem überaus warmen März (Monatsmittel $8,1\text{ °C}$). Auch im April war es überdurchschnittlich warm. Mitte Mai (18.5.2012) trat ein Spätfrostereignis ein, das es in diesem Ausmaß, seit es Aufzeichnungen gibt, noch nie gab. Frostempfindliche landwirtschaftliche Kulturen wurden je nach Lage mehr oder weniger stark geschädigt. Der Hanf stellte kurzzeitig das Wachstum ein, wuchs aber wenig später weiter. In allen Monaten, mit Ausnahme von Juli, fielen nur unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen (EITZINGER & GERERSDORFER 2014).

Wetter Groß Enzersdorf 2013

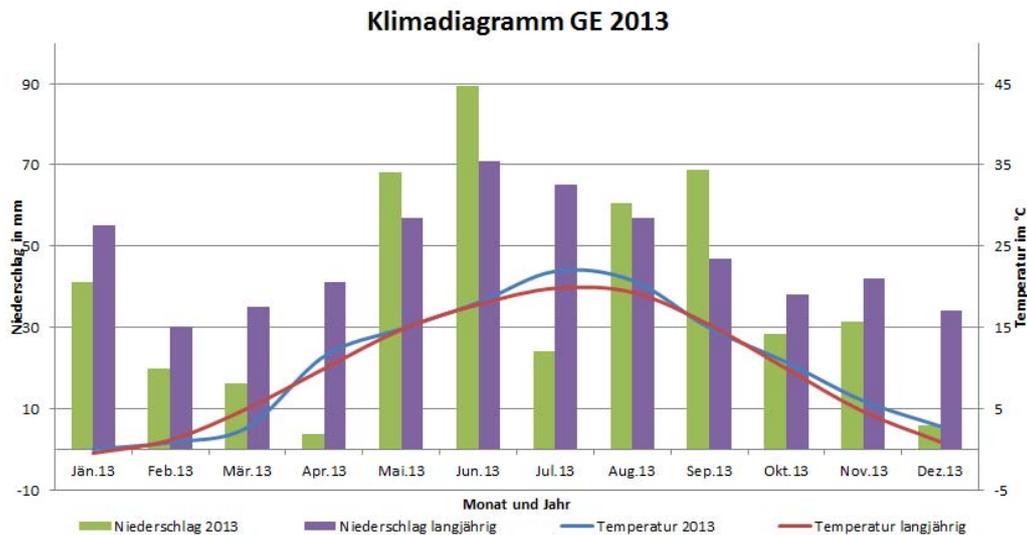


Abbildung 5.4.: Klimadiagramm nach Walter / Licht, Groß Enzersdorf, 2013

Das Jahr 2013 begann sehr kühl – daher erfolgte die Frühlingsaussaat erst ab Ende März. Im April lagen die Temperaturen im langjährigen Mittel. In der zweiten Maihälfte kam es nochmals zu einer Kälteperiode. Die höchsten je in Österreich je gemessenen Temperaturen wurden im August aufgezeichnet. Die Niederschläge lagen im Normalbereich, lediglich die Monate April, Juli und Dezember waren trockener (EITZINGER & GERERSDORFER 2014).

5.2. Versuchsdurchführung 2011

5.2.1. Saat und Saatstärke

Im Jahr 2011 wurden am Standort Hanfthal zwei unterschiedliche Sätechniken (Drillsaat und Einzelkornsaat) vergleichend beurteilt. Die Beurteilung der Einbettung der Hanfsamen im Boden, war ein Teil der Diplomarbeit von T. Rössler (RÖSSLER 2012; RÖSSLER ET AL. 2012). Kernthema dieser Arbeit war die Suche nach dem optimalen Erntetermin.

Am Standort Groß Enzersdorf wurden zwei unterschiedliche Saatstärken (50 und 250 keimfähige Körner je Quadratmeter) vergleichend beurteilt.

5.2.2. Bestandesdichte und Wuchshöhe

An vier Terminen im Jahr 2011 (am 20. 06. 2011, 14. 07. 2011, 10. 08. 2011 und am 22. 09. 2011) wurde die Bestandesdichte und die Wuchshöhe der Hanfpflanzen am Versuchsstandort Groß Enzersdorf ermittelt. Die Ergebnisse werden grafisch dargestellt.

Die statistische Auswertung (Korrelationstest) zeigen Tabellen 5.2 bis 5.5.

Korrelation – Bestandesdichte und Wuchshöhe, 52 Tage nach der Aussaat

Tabelle 5.2.: Korrelation Bestandesdichte und Wuchshöhe, Versuchsstandort Groß Enzersdorf, 52 Tage nach der Aussaat

```
cor.test(data$b52,data$h52)
Pearson's product-moment correlation
p-value = 5.635e-09
sample estimates: cor
0.9578856
```

52 Tage nach der Aussaat ergab sich eine positive Korrelation zwischen Bestandesdichte und der Wuchshöhe. Der Korrelationskoeffizient ist mit $-0,9578856$ nahe 1. Die Irrtumswahrscheinlichkeit liegt bei $5,635 \cdot 10^{-9}$ (t-Wert: 12,4816; $df = 14$). Das 95 % Konfidenzintervall liegt zwischen $0,8800567$ und $0,9855996$.

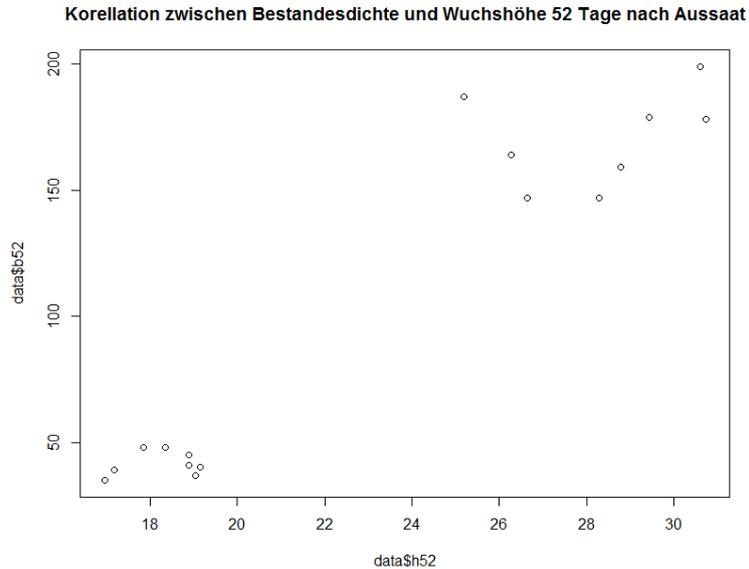


Abbildung 5.5.: Korrelation von Bestandesdichte und Wuchshöhe, Versuchsstandort Groß Enzersdorf 52 Tage nach der Aussaat

Korrelation – Bestandesdichte und Wuchshöhe, 76 Tage nach der Aussaat

Tabelle 5.3.: Korrelation Bestandesdichte und Wuchshöhe, Versuchsstandort Groß Enzersdorf, 76 Tage nach der Aussaat

```
> cor.test(data$b76,data$h76)
Pearson's product-moment correlation
p-value = 0.0001378
sample estimates: cor
-0.8110295
```

Bereits 76 Tage nach der Aussaat ergab sich eine negative Korrelation zwischen Bestandesdichte und der Wuchshöhe. Der Korrelationskoeffizient ist mit -0,8110295 beachtlich hoch. Die Irrtumswahrscheinlichkeit liegt bei 0,0001378 (t-Wert: -5,1873; df = 14). Das 95 % Konfidenzintervall liegt zwischen -0,9320295 und -0,5273259.

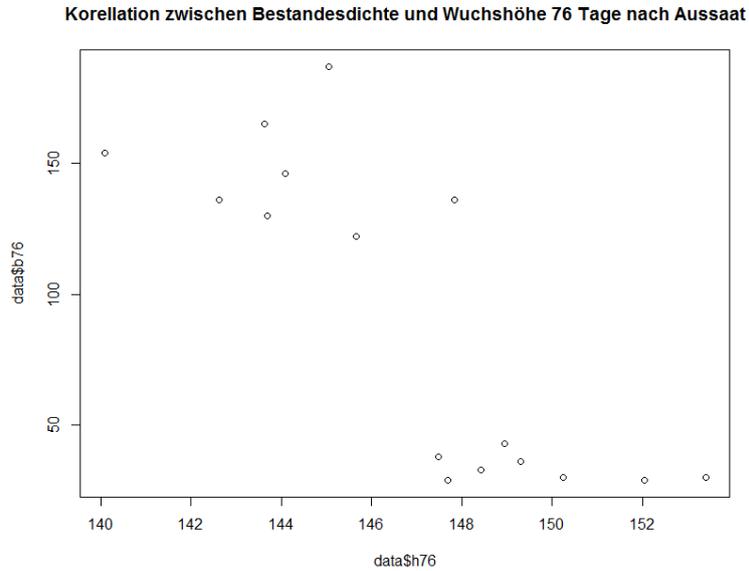


Abbildung 5.6.: Korrelation von Bestandesdichte und Wuchshöhe, Standort Groß Enzersdorf, 76 Tage nach der Aussaat

Korrelation – Bestandesdichte und Wuchshöhe, 103 Tage nach der Aussaat

Tabelle 5.4.: Korrelation Bestandesdichte und Wuchshöhe, Versuchsstandort Groß Enzersdorf, 103 Tage nach der Aussaat

```
> cor.test(data$b103,data$h103)
Pearson's product-moment correlation
p-value = 2.457e-07
sample estimates: cor
-0.9269175
```

103 Tage nach der Aussaat lag eine deutliche negative Korrelation zwischen Bestandesdichte und der Wuchshöhe vor. Der Korrelationskoeffizient beträgt $-0,9269175$. Die Irrtumswahrscheinlichkeit liegt bei $2,457 \cdot 10^{-7}$ (t-Wert: $-9,242$; $df = 14$). Das 95 % Konfidenzintervall liegt zwischen $-0,9747477$ und $-0,7977697$.

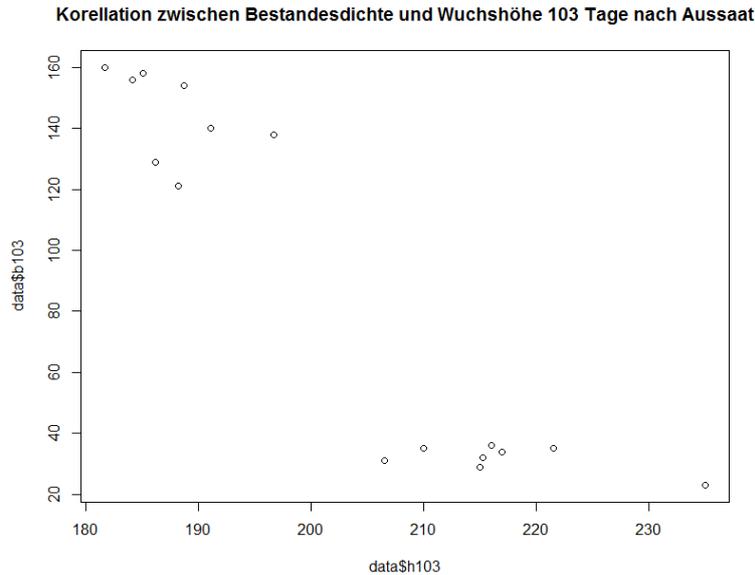


Abbildung 5.7.: Korrelation von Bestandesdichte und Wuchshöhe, Standort Groß Enzersdorf, 103 Tage nach der Aussaat

Korrelation – Bestandesdichte und Wuchshöhe, 146 Tage nach der Aussaat

Tabelle 5.5.: Korrelation Bestandesdichte und Wuchshöhe, Versuchsstandort Groß Enzersdorf, 146 Tage nach der Aussaat

```
> cor.test(data$b146,data$h146)
Pearson's product-moment correlation
p-value = 5.503e-06
sample estimates: cor
-0.8841419
```

Auch bei der Ernte, 146 Tage nach der Aussaat, zeigte sich noch eine negative Korrelation zwischen Bestandesdichte und der Wuchshöhe. Der Korrelationskoeffizient ist mit -0,8841419 beachtlich. Die Irrtumswahrscheinlichkeit liegt bei $5,503 \cdot e^{-06}$ (t-Wert: -7,0805; $df = 14$). Das 95 % Konfidenzintervall liegt zwischen -0,9593773 und -0,6915053.

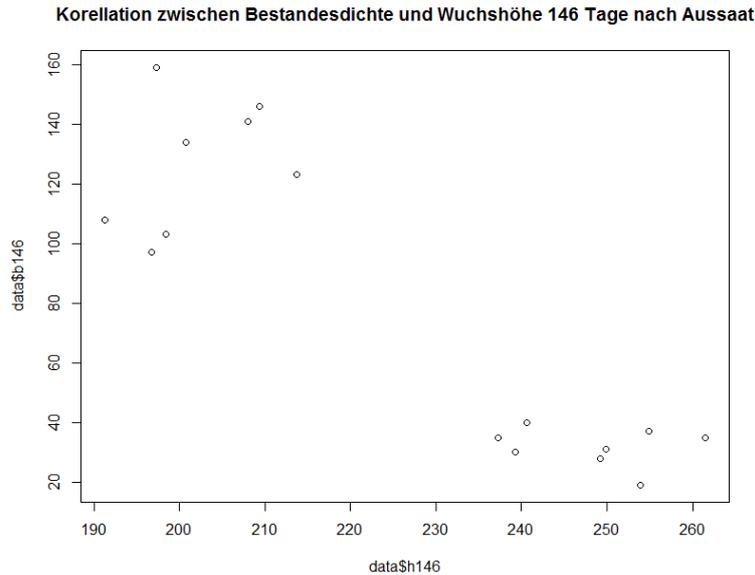


Abbildung 5.8.: Korrelation von Bestandesdichte und Wuchshöhe, Standort Groß Enzersdorf, 146 Tage nach der Aussaat

5.2.3. Kornertrag

Die Kornerträge im Jahr 2011 waren normalverteilt (Shapiro-Wilk-Test; $W=0,9777$; $p=0,2616$) und die Varianz der einzelnen Sorten war homogen (Levene – Test; $F=0,4539$; $p=0,8373$).

Tabelle 5.6.: Samenerträge in kg/ha – Standorte Hanfthal und Groß Enzersdorf, Ernte 2011

Sorte	Hanfthal Drillsaat	Hanfthal EK-Saat	Groß Enzersdorf 50 Kö./m ²	Groß Enzersdorf 250 Kö./m ²
Epsilon 68	566	869	888	370
Fedora 17	618	526	1226	593
Felina 32	669	769	600	411
Felina 32 NB	534	644	495	654
Ferimon	744	1030	709	351
Futura 75	540	729	1011	483
Santhica 27	939	758	519	177
Uso 31	749	597	762	634

statistische Auswertung

Aufgrund des unterschiedlichen Säsystems wurde ein signifikanter Unterschied (t-Test; $t = -3,6581$; $p = 0,001134$) zwischen Drillsaat und Einzelkornsaat festgestellt. Die Drillsaat ergab mit durchschnittlich 670 kg/ha einen niedrigeren Ertrag gegenüber der Einzelkornsaat (944 kg/ha). Die Einzelkornsaat wies allerdings eine bedeutend höhere Streuung auf (RÖSSLER 2012).

Auch der Erntetermin ergab einen hochsignifikanten Unterschied (ANOVA; $F = 40,108$; $p = 9,998 \cdot 10^{-11}$) zwischen den ersten beiden Ernten und der letzten Ernte am 03. 10. 2011. Der erste Erntetermin am 05. 09. 2011 ergab einen mittleren Ertrag von 969 kg/ha. Dieser fiel geringfügig bis zum zweiten Erntetermin am 19. 09. 2011 auf 944 kg/ha ab. Der dritte Erntetermin ergab nur noch 307 kg/ha Hanfsamen.

Am Standort Groß Enzersdorf ergab die Saatstärke von 50 Körnern je m² einen signifikant höheren Ertrag (ANOVA; $F = 8,8136$; $p = 0,01016$) als die Saatstärke von 250 Körnern je m².

5.2.4. Faserertrag

statistische Auswertung

Der mittlere Faserertrag lag bei 250 kg TM/ha. Überdurchschnittlich hoch waren die Sorten Epsilon 68, Futura 75, Fedora 17, Santhica 27 und Uso 31. Die beiden Standorte unterscheiden sich im Faserertrag nicht signifikant voneinander (t - Test; $t = 1,7547$; $p = 0,08921$).

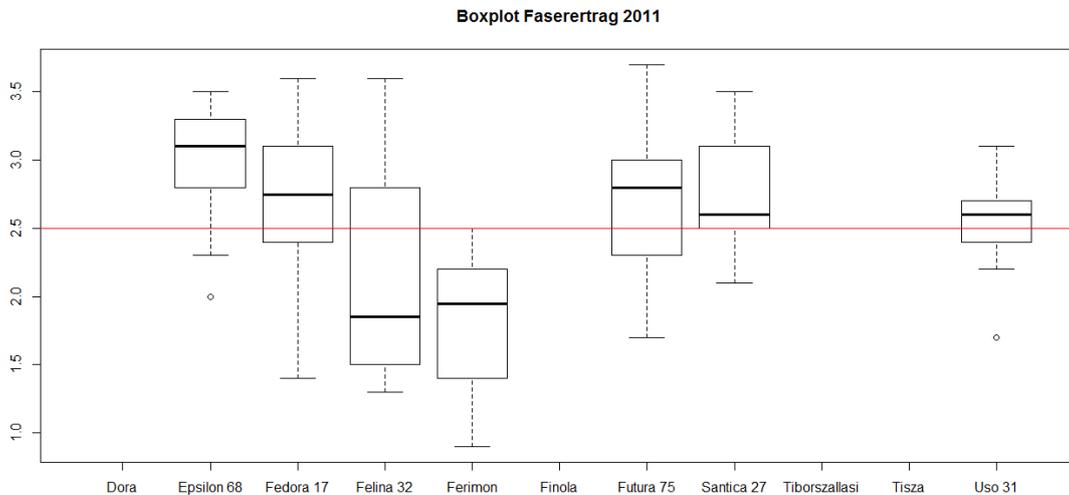


Abbildung 5.9.: Boxplot Faserertrag beider Standorte (Hanfthal und Groß Enzersdorf) in Jahr 2011

5.2.5. Schäbenertrag

statistische Auswertung

Der Schäbenertrag im Jahr 2011 war zwischen den Standorten nicht signifikant unterschiedlich (wilcox-Test; $W = 466,6$; $p = 0,2769$). Der Versuchsdurchschnitt lag am Standort Groß Enzersdorf bei 735 kg TM/ha und am Standort Hanfthal bei 668 kg TM/ha.

Bei der Einzelkornsaat unterschieden sich die Sorten Ferimon und Felina 32 im Faser- (ANOVA; $F = 17,933$; $p = 2,245 \cdot 10^{-9}$) wie auch im Schäbenertrag (Kruskal-Wallis Test; $X^2 = 25,672$; $p = 0,0002562$) von allen anderen Sorten durch geringere Erträge signifikant. Die beiden Sorten unterschieden sich jedoch Sorten nicht voneinander.

Bei der Drillsaat am Standort Hanfthal unterschieden sich die Sorten Ferimon und Felina 32 im Faserertrag (ANOVA; $F = 18,23$; $p = 1,82 \cdot 10^{-9}$) von allen anderen Sorten signifikant, jedoch unterschieden sich diese beiden Sorten nicht voneinander. Im Schäbenertrag gab es keinen Unterschied (Kruskal-Wallis Test; $X^2 = 6,0284$; $p = 0,42$).

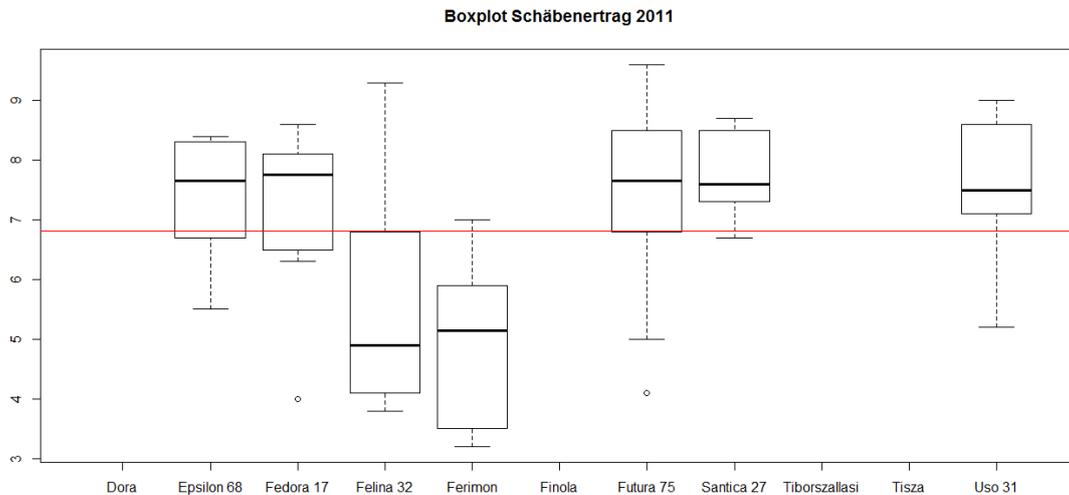


Abbildung 5.10.: Boxplot Schäbenertrag beider Standorte (Hanfthal und Groß Enzersdorf) in Jahr 2011

Im **Jahr 2011** unterschieden sich weder der Kornertrag (t.test; $t=-0,2927$; $p=0,7732$) noch der Faserertrag und auch nicht der Schäbenertrag der beiden Standorte signifikant voneinander (vgl. Anhang C.1).

2011 kam es zu einer hochsignifikanten Korrelation zwischen Kornertrag und Faserertrag (cor.test; $t=3,5519$; $p=0,003983$; erklärbare Varianz: 47,19 %) bzw. Kornertrag und Schäbenertrag (cor.test; $t=2,8431$; $p=0,01481$; erklärbare Varianz: 35,27 %) konnte bei der Drillsaatvariante in Hanfthal nachgewiesen werden.

Weiters zeigte sich, dass der Faserertrag und der Schäbenertrag sehr eng miteinander korrelieren, mit Ausnahme der hohen Saatstärke am Standort Groß Enzersdorf (cor.test; $t=1,9888$; $p=0,1034$). Am Standort Hanfthal, Einzelkornsaat (cor.test; $t=14,703$; $p=<2,2 \cdot 10^{-16}$; erklärbare Varianz: 84 %) und Drillsaat (cor.test; $t=8,5521$; $p=1,886 \cdot 10^{-6}$; erklärbare Varianz: 84,73 %), aber auch bei der niederen Saatstärke (cor.test; $t=2,5764$; $p=0,04965$; erklärbare Varianz: 48,44 %) am Standort Groß Enzersdorf konnte ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Faser- und Schäbenertrag festgestellt werden (Vergleiche Anhang C.3 und C.4).

Nach Modelloptimierung blieb nur die Saatstärke als beschreibender Faktor für die Kornerträge übrig. Hochsignifikant unterscheiden sich die Saatstär-

ken von 50 und 250 keimfähigen Körnern (Anova; $F=5,657143$; $p=0,0076801$). Signifikante Unterschiede konnten auch zwischen 50 und 100 Samen (Anova; $F=3,92328$; $p=0,015029$) nachgewiesen werden. Mit $p=0,4176525$ konnte kein signifikanter Unterschied bei Saatstärke 100 und 250 im Hanfsaatertrag nachgewiesen werden.

5.3. Versuchsjahr 2012

Im Jahr 2012 wurden an beiden Standorten variantenbezogen gleiche Feldversuche angelegt – die Technik und die Fragestellung waren gleich. Der Versuch am Standort Hanfthal wurde mit vier Wiederholungen angelegt, während der Versuch am Standort Raasdorf lediglich drei Wiederholungen aufwies. Die Sorte Finola wurde neu ins Versuchsprogramm aufgenommen. Am Standort Hanfthal fiel kurz vor der Ernte starker Hagel, daher können nur die Ertragsdaten vom Standort Groß Enzersdorf) angeführt werden.

5.3.1. Kornertrag

Die Erträge im Jahr 2012 waren normalverteilt (Shapiro-Wilk-Test; $W=0,9629$; $p=0,1406$) und die Varianz der Erträge im Jahr 2012 ist homogen (Levene – Test; $F=0,2136$; $p=0,9802$) (siehe Anhang C.2 auf Seite 120).

Tabelle 5.7.: Samenerträge in kg/ha – Standort Groß Enzersdorf, Jahr 2012

Sorte	GE 50 Kö.	GE 250 Kö.
Epsilon 68	723	1226
Fedora 17	1070	1130
Felina 32	653	1250
Ferimon	756	1430
Finola	765	870
Futura 75	793	1367
Santhica 27	456	1173
Uso 31	950	1307

5. Ergebnisse

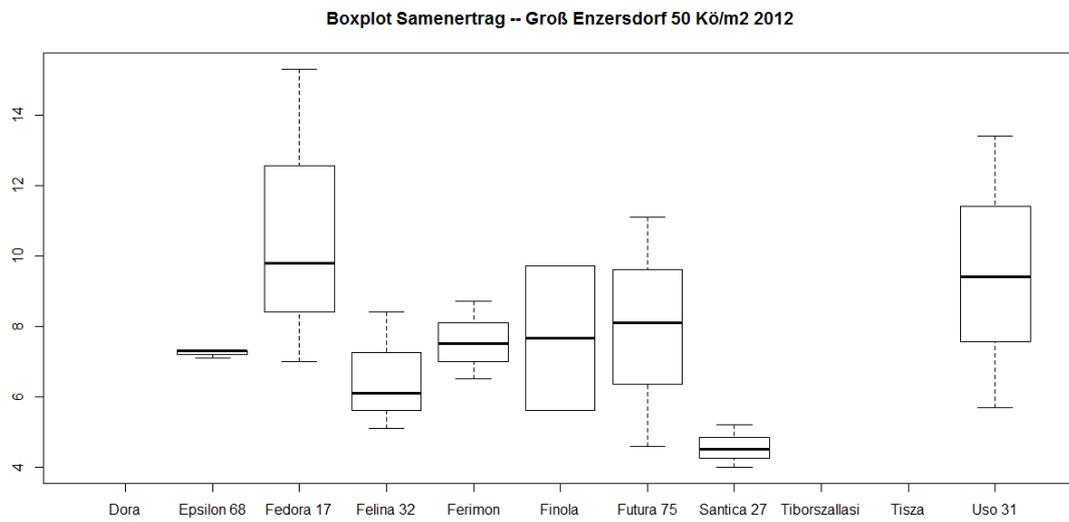


Abbildung 5.11.: Boxplot Samenertrag in dt/ha (niedere Saatstärke), Standort Groß Enzersdorf im Jahr 2012

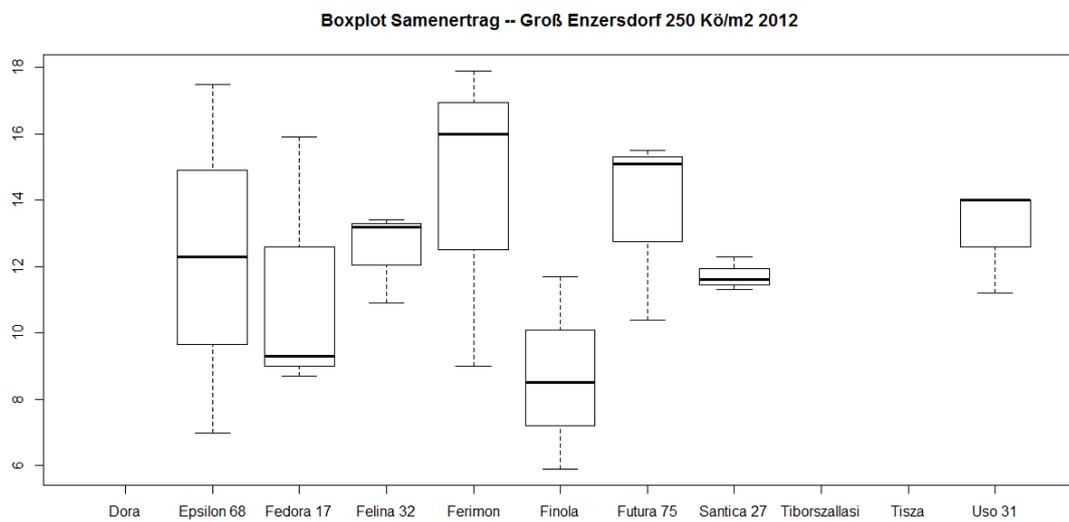


Abbildung 5.12.: Boxplot Samenertrag in dt/ha (hohe Saatstärke), Standort Groß Enzersdorf im Jahr 2012

Der mittlere Kornertrag am Versuchsstandort im Versuchsjahr 2012 lag bei 995 kg/ha. Die hohe Saatstärke ergaben mit durchschnittlich 1219 kg/ha signifikant höhere Samenerträge (t-Test; $t = -5,0954$; $p = 6,792 \cdot 10^{-6}$) als die geringere Saatstärke (771 kg/ha).

Die Sorten unterschieden sich nicht signifikant voneinander (ANOVA; $F = 1,1296$; $p = 0,3704$).

Nach Modelloptimierung blieb die Saatstärke als bedeutendster Faktor über (vgl. Anhang C.2).

5.3.2. Faserertrag

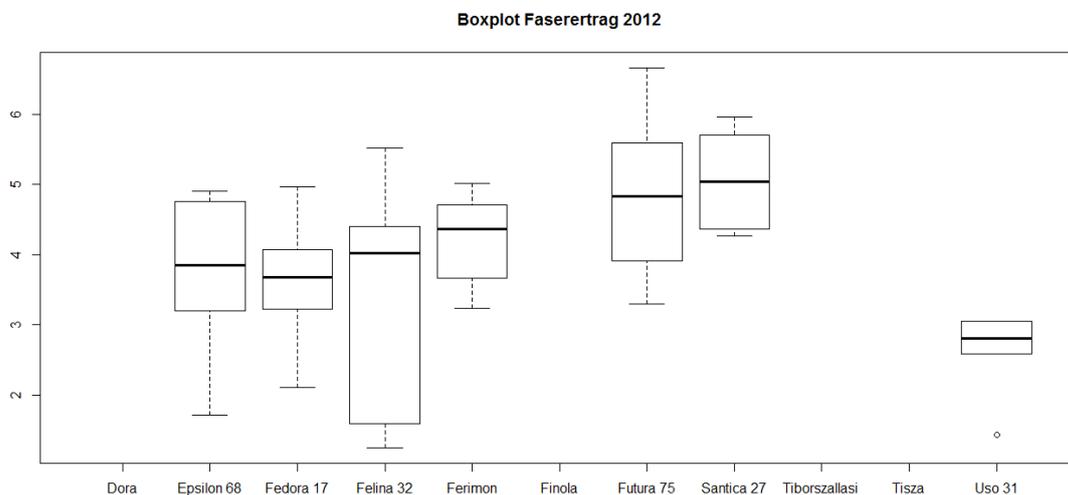


Abbildung 5.13.: Boxplot Faserertrag in dt/ha am Standort Groß Enzersdorf in Jahr 2012

Der mittlere Faserertrag lag bei niedrigerer Saatstärke bei 342 kg/ha. Die einzelnen Sorten unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (ANOVA; $F = 2,3603$; $p = 0,08705$).

Bei hoher Saatstärke lag der mittlere Faserertrag bei 446 kg/ha. Die einzelnen Sorten unterscheiden sich signifikant (ANOVA; $F = 5,7102$; $p = 0,003471$) voneinander.

Die Sorte Uso 31 unterschied sich signifikant (Tukey HSD siehe Anhang C.5 auf Seite 129) von den Sorten Futura 75 ($p = 0,0013332$), Santhica 27

($p=0,0100671$) und der Sorte Felina 32 ($p=0,0461201$) durch einen niedrigeren Faserertrag.

Die Sorte Finola wurde nicht ausgewertet, da die Wuchshöhe mit nur 110 Zentimeter auf sehr niedrige Faser- und Schäbenerträge schließen lässt. Weiters konnte ein Randeffekt durch die Parzellen rechts und links dieser Sorte nicht ausgeschlossen werden.

5.3.3. Schäbenertrag

Der mittlere Schäbenertrag lag bei niedrigerer Saatstärke bei 653 kg/ha. Die einzelnen Sorten unterschieden sich nicht signifikant voneinander (ANOVA; $F=0,8491$; $p=0,5536$).

Bei hoher Saatstärke lag der mittlere Schäbenertrag bei 654 kg/ha. Die einzelnen Sorten unterschieden sich nicht signifikant (ANOVA; $F=1,10116$; $p=0,4564$) voneinander.

Beide Saatstärken unterschieden sich nicht signifikant voneinander (t-Test; $t=0,0151$; $p=0,9881$).

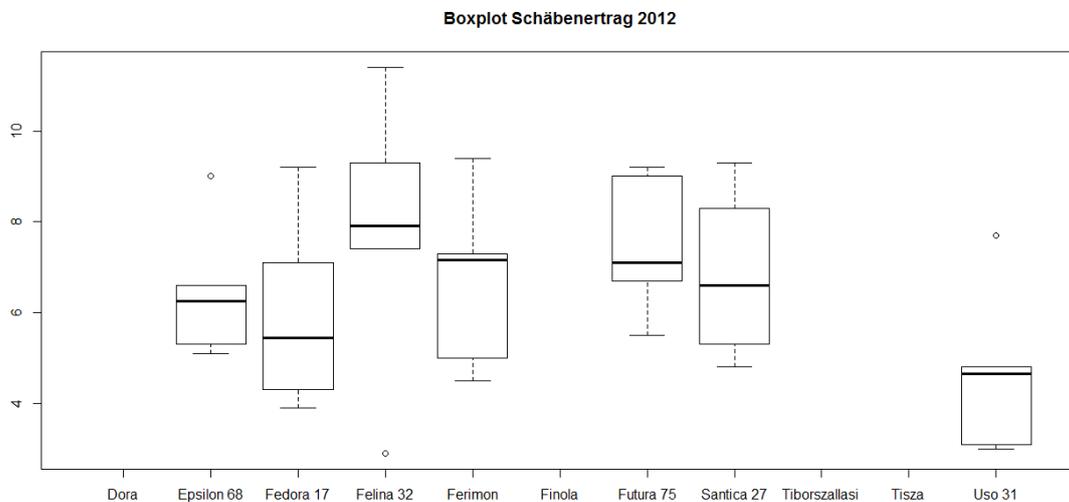


Abbildung 5.14.: Boxplot Schäbenertrag in dt/ha am Standort Groß Enzersdorf im Jahr 2012

2012 gab es eine signifikante Korrelation zwischen Kornertrag und Schäbenertrag (cor.test; $t=2,7969$; $p=0,0115$; erklärbare Varianz: 25,4 %) bzw. zwischen Faser- und Schäbenertrag (cor.test; $t=3,5903$; $p=0,001951$; erklärbare

Varianz: 37,28 %) bei hoher Saatstärke in Raasdorf. (Vergleiche Anhang C.5 und C.6 auf Seite 138 und 141).

Nach Modelloptimierung blieb nur die Saatstärke als beschreibender Faktor für die Höhe der Kornerträge über. Hochsignifikant unterschieden sich die Saatstärken von 50 und 250 keimfähigen Körnern (t-Test; $t=-5,0954$; $p=6,792 \cdot 10^{-6}$).

5.4. Versuchsjahr 2013

Im Versuchsjahr 2013 wurde die Sorte Finola aus dem Sortenvergleich herausgenommen und die ungarischen Sorten KC Dora, Tisza und Tiborszallasi wurden in die Beurteilung einbezogen (OFNER ET AL. 2013; OFNER ET AL. 2014).

Mit der Sorte Finola wurde im Jahr 2013 ein eigener Saatstärkenversuch durchgeführt. In den Saatstärken von 30, 60, 90 und 120 Körnern je m^2 wurde der Kornertrag verglichen.

5.4.1. Kornertrag

Die Ertragsdaten im Jahr 2013 liegen nicht normalverteilt vor (Shapiro-Wilk-Test; $W=0,9296$; $p=2,252 \cdot 10^{-6}$).

Tabelle 5.8.: Samenerträge in kg/ha an den Versuchsstandorten Hanfthal und Groß Enzersdorf, Jahr 2013

Sorte	Groß Enzersdorf 50 Kö./ m^2	Groß Enzersdorf 250 Kö./ m^2	Hanfthal 50 Kö./ m^2	Hanfthal 250 Kö./ m^2
Epsilon 68	920	550	860	870
Fedora 17	800	470	710	640
Felina 32	1390	400	1170	910
Ferimon	1370	520	1290	490
Futura 75	870	420	1180	780
Santica 27	450	550	810	560
Uso 31	1100	910	830	670
KC Dora	700	480	820	630
Tiborszallasi	790	450	850	760
Tisza	1230	460	1190	530
Mittelwert	960	520	970	680

Der mittlere Kornertrag am Standort Hanfthal betrug 822 kg/ha, in Groß Enzersdorf hingegen konnten durchschnittlich 759 kg/ha geerntet werden. Es besteht kein signifikanter Unterschied beim Kornertrag zwischen den Versuchstandorten (wilcox-Test; $W=2090,5$; $p=0,2566$) und den Sorten (Kruskal-Wallis Test; $X^2 = 12,6873$; $p = 0,1773$).

Bei den Saatstärken konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden (wilcox-Test; $W=3703,5$; $p=1,752 \cdot 10^{-8}$). Die hohen Saatstärken ergaben geringere Kornerträge.

5.4.2. Kornertrag Sorte Finola

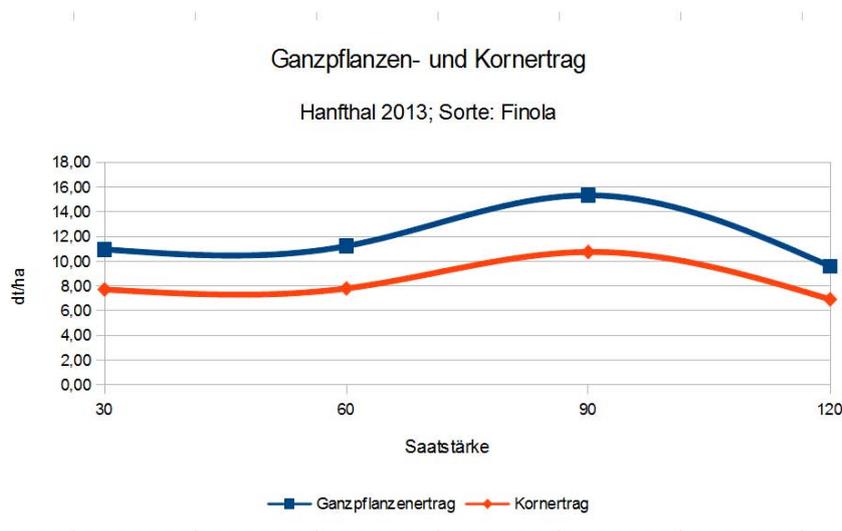


Abbildung 5.15.: Korn- und Ganzpflanzenertrag in dt/ha der Sorte Finola – Versuchsstandort Hanfthal, Jahr 2013

Der Kornertrag erhöhte sich von 842 kg/ha (bei einer Saatstärke von 30 Körnern je m^2) auf 1030 kg/ha (bei einer Saatstärke von 90 Körnern je m^2) und verminderte sich bei einer Saatstärke von 120 Körnern je m^2 auf 740 kg/ha.

Der Ganzpflanzenertrag verhält sich ähnlich dem Kornertrag. Die Wuchshöhe beträgt ca. 1,0 Meter, Finola ist eine sehr kurzstrohige Körnerhanfsorte.

5.4.3. Faserertrag 2013

Der mittlere Faserertrag am Standort Groß Enzersdorf lag bei 260 kg/ha und am Standort Hanfththal bei 280 kg/ha. Die Standorte unterschieden sich bezüglich Faserertrag nicht signifikant voneinander (wilcox-Test; $W=1866,5$; $p=0,2096$). Auch bei den Saatstärken konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (wilcox-Test; $W=1869,5$; $p=0,2146$).

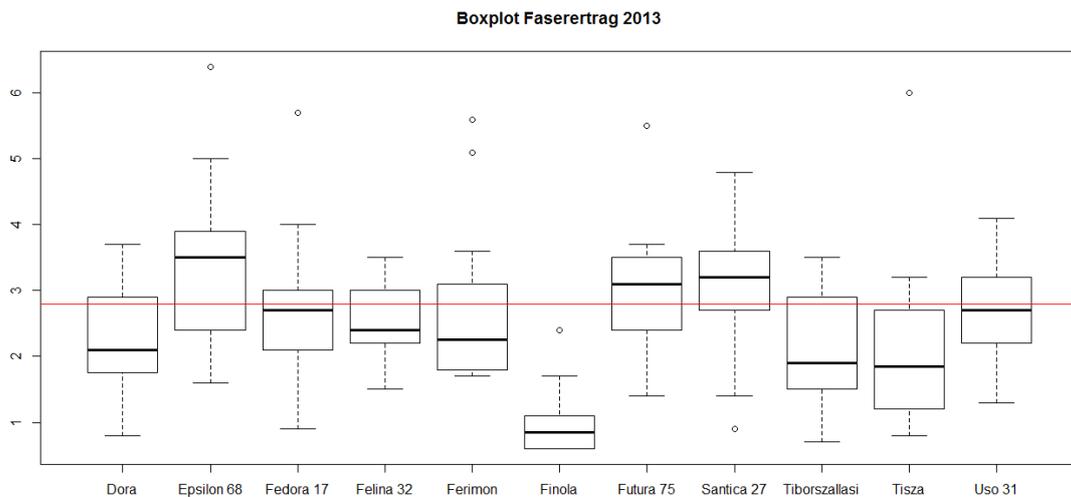


Abbildung 5.16.: Boxplot Faserertrag in dt/ha der untersuchten Sorten der Versuchsstandorte Hanfththal und Groß Enzersdorf im Jahr 2013

5.4.4. Schäbenertrag 2013

Der mittlere Schäbenertrag betrug am Standort Groß Enzersdorf 510 kg/ha und am Standort Hanfththal 472 kg/ha. Die beiden Standorte unterschieden sich nicht signifikant voneinander (wilcox-Test; $W=2414,5$; $p=0,2731$).

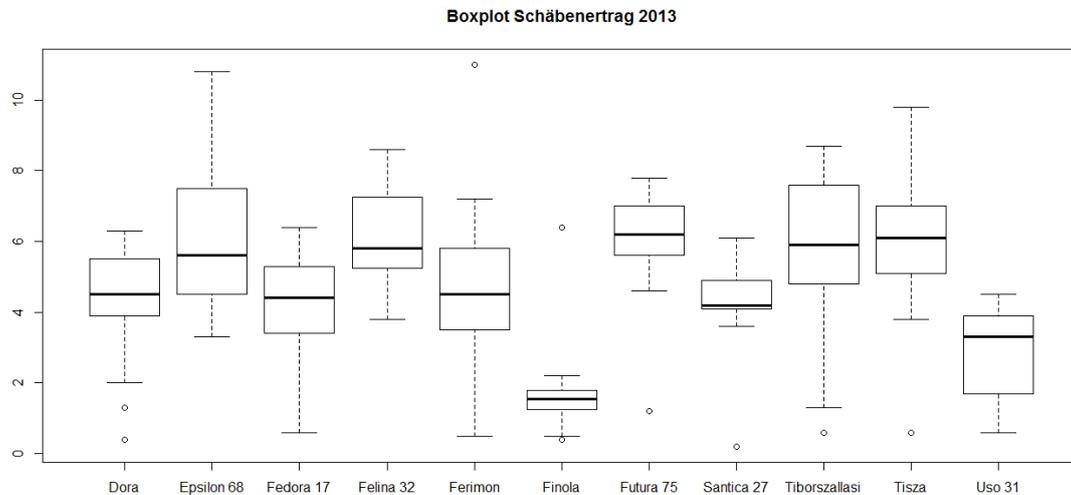


Abbildung 5.17.: Boxplot Schäbenertrag in dt/ha der untersuchten Sorten der Versuchsstandorte Hanfthäl und Groß Enzersdorf im Jahr 2013

Die hohe Saatstärke ergab im Jahr 2013 einen geringeren Schäbenertrag (wilcox-Test; $W=2704,5$; $p=0,01563$).

Die Sorte Uso 31 hatte einen geringeren Schäbenertrag (Kruskal-Wallis Test; $X^2 = 41,419$; $p = 4,196 \cdot 10^{-6}$).

Der Kornertrag im **Jahr 2013** korrelierte am Standort Hanfthäl bei einer Saatstärke von 50 Körnern je Quadratmeter mit dem Faserertrag (Correlationstest; $t=2,3035$; $p=0,02889$) signifikant und ergab eine Tendenz zum Schäbenertrag (Correlationstest; $t=1,9098$; $p=0,06645$). Bei der Saatstärke von 250 Körnern/ m^2 gab es einen hochsignifikanten Zusammenhang zwischen Kornertrag und Schäbenertrag (Correlationstest; $t=5,0865$; $p=1,153 \cdot 10^{-5}$). Am Standort Groß Enzersdorf (Raasdorf) konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen Kornertrag (Correlationstest; $t=-2,8349$; $p=0,008415$) bzw. Faserertrag (Correlationstest; $t=3,0873$; $p=0,04418$) und Schäbenertrag bei einer Saatstärke von 250 Körnern je Quadratmeter festgestellt werden.

5.5. Beurteilung über die Versuchsjahre 2011 bis 2013

5.5.1. Kornerträge

Nach dreijährigen Versuchen mit Hanf an zwei Standorten (RÖSSLER ET AL. 2012; RÖSSLER 2012; OFNER ET AL. 2013; OFNER ET AL. 2014) liegen vom Standort Groß Enzersdorf vollständige Daten vor. Am Standort Hanfthal gab es im Jahr 2011 eine andere Versuchsfrage, im Jahr 2012 zerstörte ein Hagelschauer die Kornernte, zum Vergleich blieb nur das Jahr 2013 in dem an beiden Versuchstandorten das gleiche Versuchsprogramm durchgeführt wurde.

Tabelle 5.9.: Kornertrag in kg/ha in den Jahren 2011, 2012 und 2013, Standort Hanfthal und Groß Enzersdorf

Sorte	2011	2011	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2013	2013
	HT EK	HT DS	GE 50	GE 250	GE 50	GE 250	GE 50	GE 250	HT 50	HT 250
Epsilon 68	730	780	1300	560	720	1230	920	550	860	870
Fedora 17	1060	970	1830	860	1070	1130	800	470	710	640
Felina 32	970	1380	890	620	650	1250	1390	400	1170	910
Ferimon	720	900	1030	530	760	1430	1370	520	1290	490
Futura 75	840	820	1490	710	790	1370	870	420	1180	780
Santhica 27	1310	790	780	260	460	1170	450	550	810	560
Uso 31	1090	1090	1130	950	950	1310	1100	910	830	530
Finola					770	870				
KC Dora							700	480	820	630
Tisza							1230	460	1190	530
Tiborszallasi							790	450	850	760

5.5.2. Standort Groß Enzersdorf

Der Kornertrag am Standort Groß Enzersdorf lag signifikant außerhalb der Normalverteilung; (Shapiro-Wilk-Test; $W=0,9638$; $p=5,348 \cdot 10^{-6}$).

Die Sorten unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (Kruskal-Wallis Test; $X^2 = 17,8985$; $p = 0,0567$).

Auch die Saatstärke über die Jahre beurteilt ergab keinen signifikanten Unterschied (Kruskal-Wallis Test; $X^2 = 2,9239$; $p = 0,08728$).

5.5.3. Standorte Hanfthal und Groß Enzersdorf

Der Kornertrag beider Standorte war signifikant unterschiedlich von der Normalverteilung (Shapiro-Wilk-Test; $W=0,9638$; $p=5,348 \cdot 10^{-6}$).

Die Sorten unterschieden sich im mehrjährigen Vergleich nicht signifikant voneinander (Kruskal-Wallis Test; $X^2 = 12,8597$; $p = 0,2316$).

Die mehrjährige Auswertung der Saatstärken (50 – 100 – 250 Körner/m²) ergab einen signifikanten Unterschied (Kruskal-Wallis Test; $X^2 = 12,2998$; $p = 0,002134$). Die hohe Saatstärke hat einen geringeren Kornertrag.

Die beiden Standorte unterschieden sich nicht signifikant voneinander (wilcox.test; $W=8420$; $p=0,4656$).

Die Jahre unterschieden sich signifikant voneinander (Kruskal-Wallis Test; $X^2 = 11,4357$; $p = 0,003287$). Das Jahr 2012 hatte höhere Kornerträge wie die Jahre 2011 und 2013.

Korrelationen des Kornertrages mit der Wuchshöhe

Der Mittelwert des Kornertrages korrelierte mit der Wuchshöhe signifikant positiv (Correlationstest; $t=2,2231$; $p=0,02732$) – das heißt, größere Pflanzen ergaben einen höheren Kornertrag (Vergleiche Anhang C.8).

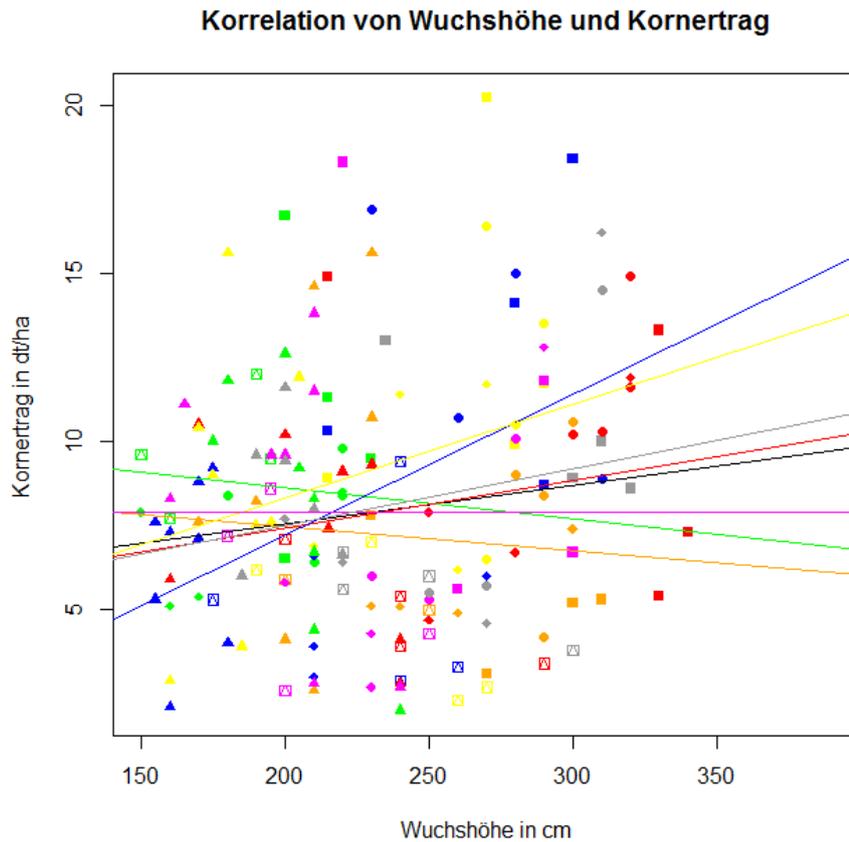


Abbildung 5.18.: Korrelation Kornertrag in dt/ha – Wuchshöhe in cm; Erklärung der Symbole: Sorten: Epsilon 68 — Grau, Fedora 17 — Magenta, Felina 32 — Gelb, Ferimon — Blau, Futura 75 — Rot, Santhica 27 — Orange, Uso 31 — Grün; Standort und Saatstärke: Hanfthal 50 Körner/m² = gefülltes Quadrat, Groß Enzersdorf 50 Körner/m² = gefüllter Kreis, Hanfthal 100 Körner/m² = gefülltes Dreieck, Hanfthal 250 Körner/m² = gefülltes auf die Spitze gestelltes Quadrat, Groß Enzersdorf 250 Körner/m² = Quadrat und Dreieck; siehe auch Kapitel 4.4

Die mittlere Regressionsgerade ist $f(x) = 0,00925 * x + 1,6339$. Durch diese Gerade werden 1,9 % der Varianz erklärt.

Tabelle 5.10.: Regressionsgerade und erklärbare Varianz der einzelnen Sorten (Kornertrag – Wuchshöhe)

Sorte	Regressionsgerade	Erklärbarkeit
Epsilon 68	$f(x) = 0,01683 * x + 4,14474$	0,55 %
Fedora 17	$f(x) = 0,00006378 * x + 7,877$	4,76 %
Felina 32	$f(x) = 0,0278 * x + 2,757$	3,17 %
Ferimon	$f(x) = 0,04187 * x - 1,13761$	19,6 %
Futura 75	$f(x) = 0,01415 * x + 4,59634$	0,28 %
Santhica 27	$f(x) = -0,007158 * x + 8,895015$	4,02 %
Uso 31	$f(x) = -0,009091 * x + 10,4345$	3,95 %
Dora	$f(x) = 0,03677 * x - 3,8425$	28,04 %
Tisza	$f(x) = 0,06449 * x - 10,4412$	32,09 %
Tiborszallasi	$f(x) = 0,06797 * x - 13,22266$	30,68 %

Korrelationen des Kornertrages mit der Bestandesdichte

Der Kornertrag korrelierte mit der Bestandesdichte bei der Ernte hochsignifikant negativ (Correlationstest; $t=-4,2238$; $p=3,399e-05$)

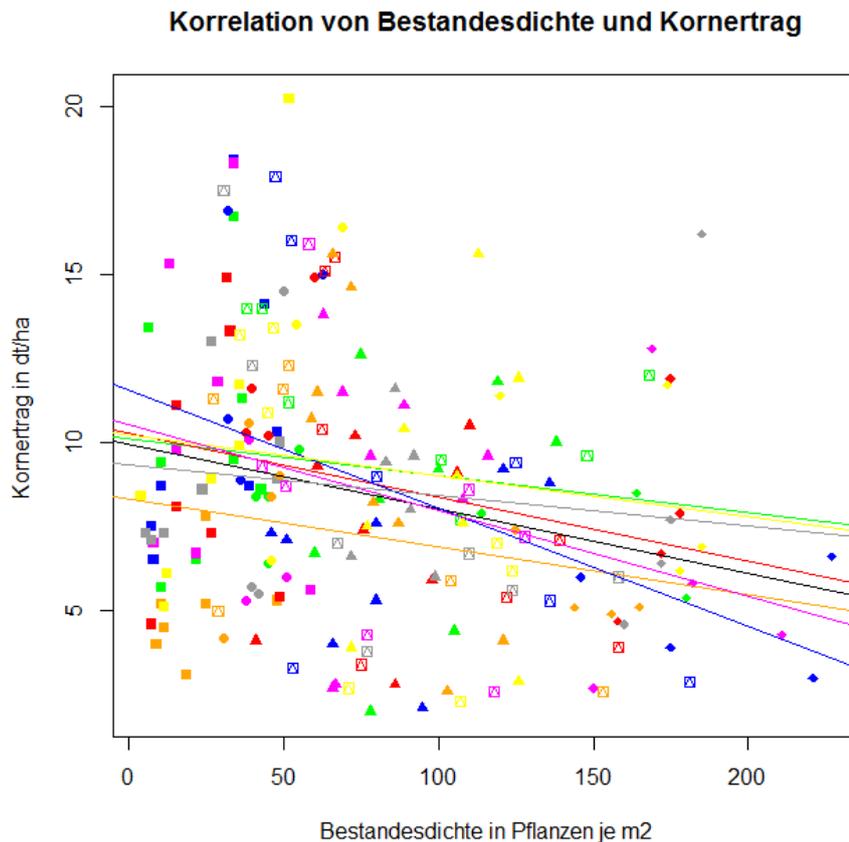


Abbildung 5.19.: Korrelation Kornertrag in dt/ha – Bestandesdichte in Pflanzen/m²; Erklärung der Symbole: Sorten: Epsilon 68 — Grau, Fedora 17 — Magenta, Felina 32 — Gelb, Ferimon — Blau, Futura 75 — Rot, Santhica 27 — Orange, Uso 31 — Grün; Standort und Saatstärke: Hanfthal 50 Körner/m² = gefülltes Quadrat, Groß Enzersdorf 50 Körner/m² = gefüllter Kreis, Hanfthal 100 Körner/m² = gefülltes Dreieck, Hanfthal 250 Körner/m² = gefülltes auf die Spitze gestelltes Quadrat, Groß Enzersdorf 250 Körner/m² = Quadrat und Dreieck; siehe auch Kapitel 4.4

Die mittlere Regressionsgerade ist $f(x) = -0,0193 * x + 9,9659$. Durch diese Gerade werden 6,55 % der Varianz erklärt.

Tabelle 5.11.: Regressionsgerade und erklärbare Varianz der einzelnen Sorten (Kornertrag – Bestandesdichte)

Sorte	Regressionsgerade	Erklärbarkeit
Epsilon 68	$f(x) = -0,009147 * x + 9,346622$	1,93 %
Fedora 17	$f(x) = -0,002554 * x + 10,52747$	7,00 %
Felina 32	$f(x) = -0,01219 * x + 10,21721$	1,61 %
Ferimon	$f(x) = -0,03528 * x + 11,58929$	19,39 %
Futura 75	$f(x) = -0,01911 * x + 10,28512$	3,54 %
Santhica 27	$f(x) = -0,01413 * x + 8,31678$	0,13 %
Uso 31	$f(x) = -0,0111 * x + 10,13191$	0,36 %
Dora	$f(x) = -0,006028 * x + 7,211156$	5,87 %
Tisza	$f(x) = -0,05031 * x + 12,94383$	36,43 %
Tiborszallasi	$f(x) = -0,002223 * x + 7,353036$	8,99 %

5.5.4. Hanfstroherträge

Im Hanfstrohertrag wurden der Faser- und der Schäbenertrag zusammengeführt.

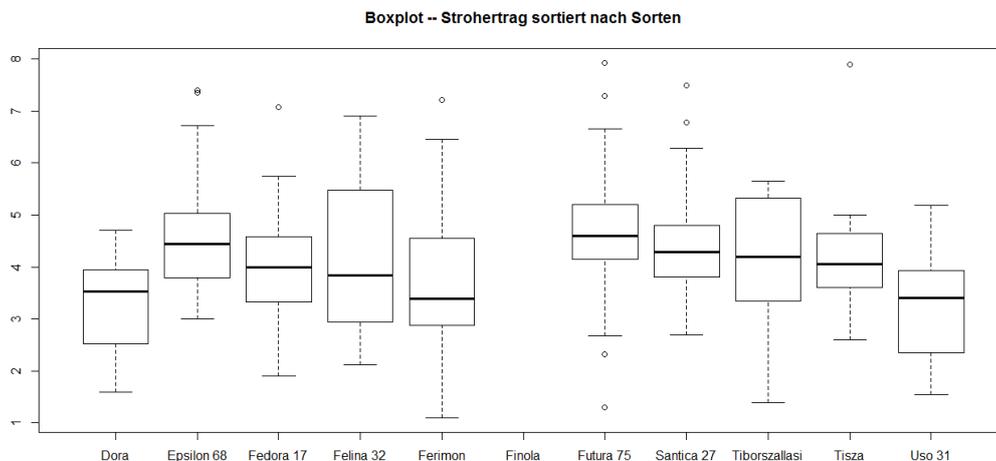


Abbildung 5.20.: Strohertrag in dt/ha in abhängigkeit von der Sorte

Überdurchschnittlich hohe Stroherträge erzielten die Sorten Futura 75, Epsilon 68, Santhica 27 und Tiborszallasi. Die Stroherträge der Sorten Tisza, Fedora 17 und Felina 32 lagen im mittleren Bereich. Bei den Sorten Dora, Ferimon und Uso 31 lag der Strohertrag unter dem Durchschnitt. Die

kurzstrohigen Sorten sind daher für die Kornnutzung günstiger, sie sind kleinwüchsiger und dementsprechend niedriger im Strohertrag.

Tabelle 5.12.: mehrjähriger Strohertrag in kg/ha, Standort Hanfthal und Groß Enzersdorf in den Jahren 2011 bis 2013

Sorte	2011	2011	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2013	2013
	HT EK	HT DS	GE 50	GE 250	GE 50	GE 250	GE 50	GE 250	HT 50	HT 250
Epsilon 68	4100	3000	3800	4500	4900	5200	5300	4200	4600	5000
Fedora 17	3900	4000	4200	4500	4600	5000	4400	2700	2400	4100
Felina 32	2800	5200	2800	3800	5100	6200	5200	3600	4800	3600
Ferimon	1800	3300	3800	2900	5600	5400	4900	2700	3300	3800
Futura 75	4600	2300	4200	4200	5200	7000	4700	3500	5100	4800
Santhica 27	4200	4400	4800	4200	6100	5800	3800	4000	2700	4000
Uso 31	4400	3900	4000	4700	3400	3900	3200	2700	2200	3000
Finola					—	—				
KC Dora							4100	1900	2600	4000
Tisza							5500	2900	4100	3700
Tiborszallasi							5400	3100	2200	4700

Stroherträge von ca. 4000 kg/ha (verkaufsfähige Ware) wurden auf den Versuchsfächen erreicht. Der höchste Hanfstrohertrag war im Jahr 2012. Ursache war, daß in diesem Jahr nur der Standort Groß Enzersdorf ausgewertet werden konnte.

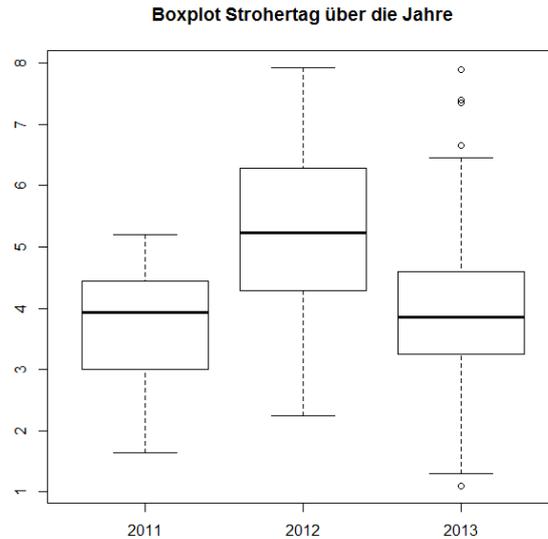


Abbildung 5.21.: Boxplot Strohertrag in t/ha in den Jahren 2011, 2012 und 2013

Das Jahr 2012 unterschied sich bei den Stroherträgen hochsignifikant von den Jahren 2011 und 2013.

Nach Modelloptimierung wurden folgende Parameter aus dem linearen Modell entfernt:

- Wechselwirkung Sorte : Standort : Saatstärke : Jahr
- Wechselwirkung Sorte : Standort : Saatstärke
- Wechselwirkung Sorte : Standort : Jahr
- Wechselwirkung Sorte : Saatstärke : Jahr
- Wechselwirkung Standort : Saatstärke : Jahr
- Wechselwirkung Sorte : Standort
- Wechselwirkung Sorte : Jahr
- Wechselwirkung Standort : Jahr

...diese Parameter ergaben keinerlei Verbesserung des Modelles!

Die Parameter Jahr, Sorte, Standort, Saatstärke sowie die Wechselbeziehungen Saatstärke & Jahr, Saatstärke & Standort und Saatstärke & Sorte ergaben einen signifikanten Unterschied im untersuchten Bestand.

Korrelation zwischen Strohertrag und Wuchshöhe

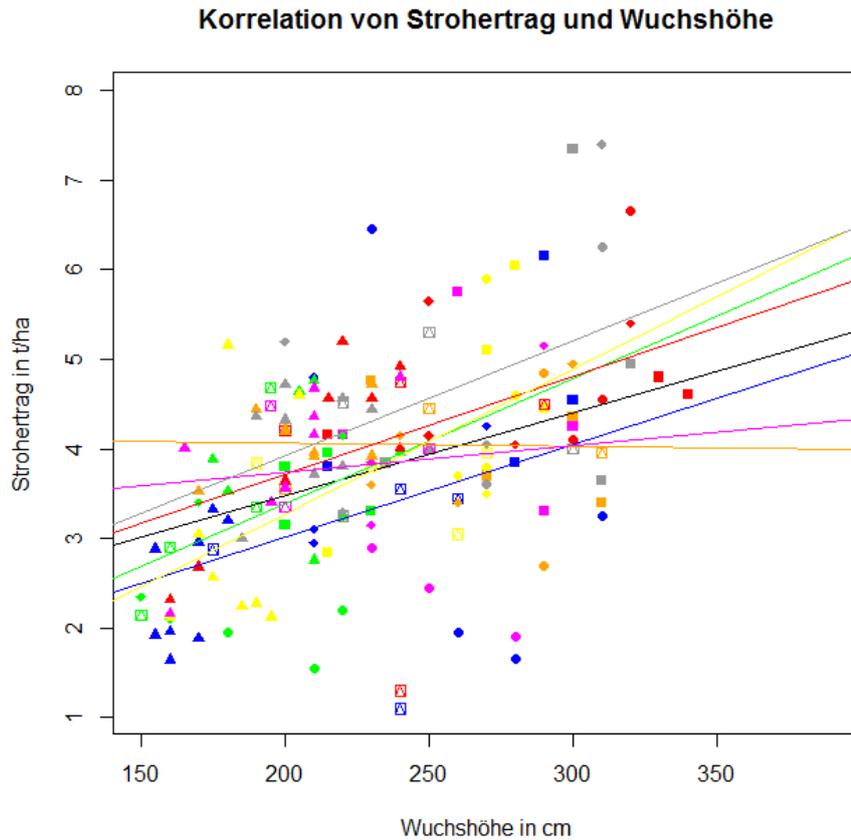


Abbildung 5.22.: Korrelation von Hanfstrohertrag (t/ha) und Wuchshöhe (cm); Schwarze Linie ist die mittlere Regressionsgerade; Erklärung der Symbole: Sorten: Epsilon 68 — Grau, Fedora 17 — Magenta, Felina 32 — Gelb, Ferimon — Blau, Futura 75 — Rot, Santhica 27 — Orange, Uso 31 — Grün; Standort und Saatstärke: Hanfthal 50 Körner/m² = gefülltes Quadrat, Groß Enzersdorf 50 Körner/m² = gefüllter Kreis, Hanfthal 100 Körner/m² = gefülltes Dreieck, Hanfthal 250 Körner/m² = gefülltes auf die Spitze gestelltes Quadrat, Groß Enzersdorf 250 Körner/m² = Quadrat und Dreieck; siehe auch Kapitel 4.4

Die mittlere Regressionsgerade ist $f(x) = 0,00925 * x + 1,6339$.

Durch diese Regressionsgerade können 15,28 % des Modelles erklärt werden.

Tabelle 5.13.: Regressionsgerade und erklärbare Varianz der einzelnen Sorten (Strohertrag – Wuchshöhe)

Sorte	Regressionsgerade	Erklärbarkeit
Epsilon 68	$f(x) = 0,01287 * x + 1,34773$	20,07 %
Fedora 17	$f(x) = 0,002978 * x + 3,139851$	3,43 %
Felina 32	$f(x) = 0,01615 * x + 0,04564$	32,62 %
Ferimon	$f(x) = 0,01033 * x + 0,94518$	11,43 %
Futura 75	$f(x) = 0,01098 * x + 1,51611$	24,30 %
Santhica 27	$f(x) = -0,0003674 * x + 4,1385605$	4,92 %
Uso 31	$f(x) = 0,01402 * x + 0,58309$	10,83 %
Dora	$f(x) = 0,001228 * x + 2,96561$	9,79 %
Tisza	$f(x) = 0,005186 * x + 2,856117$	8,91 %
Tiborszallasi	$f(x) = 0,02678 * x - 3,71049$	30,04 %

Korrelation zwischen Strohertrag und Bestandesdichte

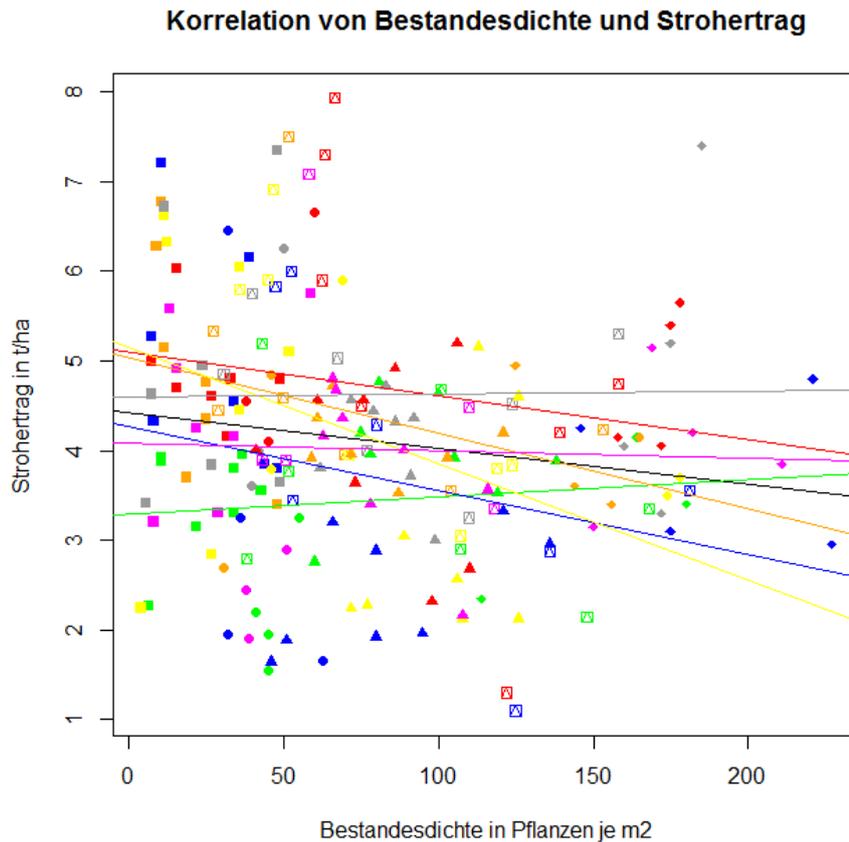


Abbildung 5.23.: Korrelation von Hanfstrohertrag (t/ha) und Bestandesdichte (Pflanzen je m²); Schwarze Linie ist die mittlere Regressionsgerade; Erklärung der Symbole: Sorten: Epsilon 68 — Grau, Fedora 17 — Magenta, Felina 32 — Gelb, Ferimon — Blau, Futura 75 — Rot, Santhica 27 — Orange, Uso 31 — Grün; Standort und Saatstärke: Hanfthal 50 Körner/m² = gefülltes Quadrat, Groß Enzersdorf 50 Körner/m² = gefüllter Kreis, Hanfthal 100 Körner/m² = gefülltes Dreieck, Hanfthal 250 Körner/m² = gefülltes auf die Spitze gestelltes Quadrat, Groß Enzersdorf 250 Körner/m² = Quadrat und Dreieck; siehe auch Kapitel 4.4

Die mittlere Regressionsgerade ist $f(x) = -0,003991 * x + 4,428457$.
Durch diese Gerade können 2,2 % des Modelles erklärt werden.

Tabelle 5.14.: Regressionsgerade und erklärbare Varianz der einzelnen Sorten (Strohertrag – Bestandesdichte)

Sorte	Regressionsgerade	Erklärbarkeit
Epsilon 68	$f(x) = 0,0003204 * x + 4,5946496$	3,68 %
Fedora 17	$f(x) = -0,0008632 * x + 4,0864814$	3,67 %
Felina 32	$f(x) = -0,012978 * x + 5,154374$	12,68 %
Ferimon	$f(x) = -0,007181 * x + 4,272854$	4,39 %
Futura 75	$f(x) = -0,004902 * x + 5,099329$	0,04 %
Santhica 27	$f(x) = -0,008474 * x + 5,044135$	11,68 %
Uso 31	$f(x) = 0,001895 * x + 3,296073$	2,43 %
Dora	$f(x) = 0,003605 * x + 2,990428$	2,44 %
Tisza	$f(x) = -0,010855 * x + 5,340361$	19,78 %
Tiborszallasi	$f(x) = 0,001657 * x + 4,02585$	9,45 %

5.5.5. Korrelation zwischen Kornertrag und Strohertrag

Alle angeführten Sorten ergaben höhere Kornerträge bei höheren Stroherträgen. Die Steigung der Regressionsgeraden der einzelnen Sorten zeigt das mögliche Ertragspotential auf.

Die größten Steigungen ergaben die Sorten Tisza (2,06), Futura 75 (1,42), Felina 32 (1,32) und Epsilon 68 (1,31).

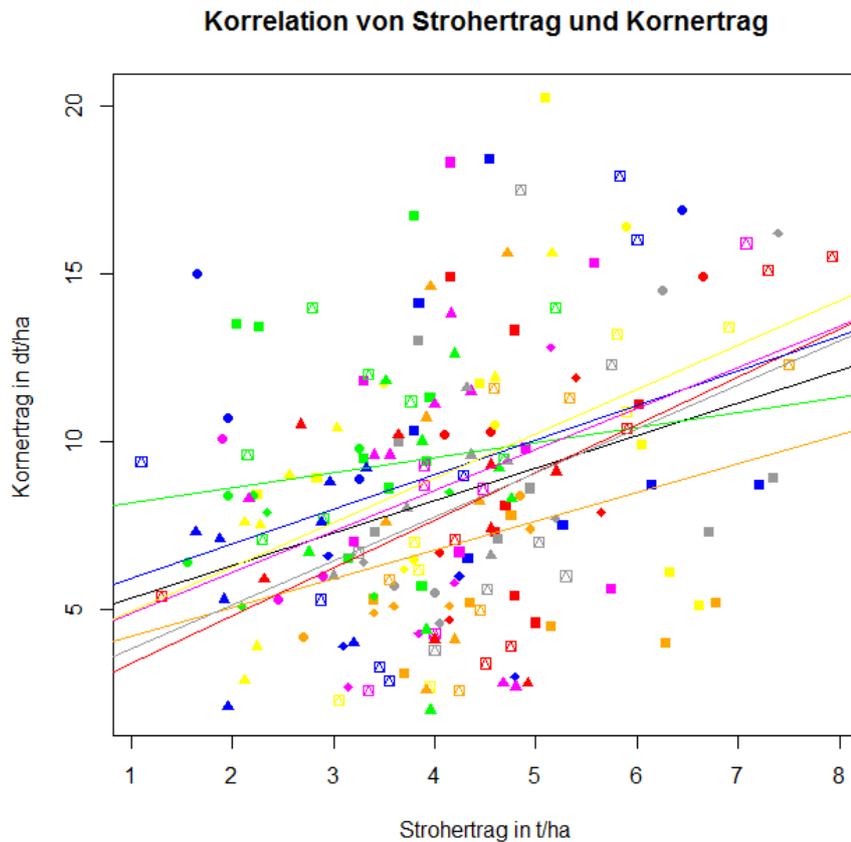


Abbildung 5.24.: Korrelation von Hanfkornertrag (dt/ha) und Hanfstrohertrag (t/ha); Schwarze Linie ist die mittlere Regressionsgerade; Erklärung der Symbole: Sorten: Epsilon 68 — Grau, Fedora 17 — Magenta, Felina 32 — Gelb, Ferimon — Blau, Futura 75 — Rot, Santhica 27 — Orange, Uso 31 — Grün; Standort und Saatstärke: Hanfthal 50 Körner/m² = gefülltes Quadrat, Groß Enzersdorf 50 Körner/m² = gefüllter Kreis, Hanfthal 100 Körner/m² = gefülltes Dreieck, Hanfthal 250 Körner/m² = gefülltes auf die Spitze gestelltes Quadrat, Groß Enzersdorf 250 Körner/m² = Quadrat und Dreieck; siehe auch Kapitel 4.4

Die Regressionsgerade ist $f(x) = 0,9684 * x + 4,3676$. Durch diese Regressionsgerade können 10,72 % des Modelles erklärt werden.

Tabelle 5.15.: Regressionsgerade und erklärbarer Varianz der einzelnen Sorten (Kornertrag – Strohertrag)

Sorte	Regressionsgerade	Erklärbarkeit
Epsilon 68	$f(x) = 1,313 * x + 2,511$	16,81 %
Fedora 17	$f(x) = 1,22 * x + 3,678$	6,67 %
Felina 32	$f(x) = 1,3202 * x + 3,6138$	18,03 %
Ferimon	$f(x) = 1,0314 * x + 4,8835$	9,60 %
Futura 75	$f(x) = 1,421 * x + 1,987$	23,08 %
Santhica 27	$f(x) = 0,8524 * x + 3,3649$	2,32 %
Uso 31	$f(x) = 0,4491 * x + 7,7386$	1,44 %
Dora	$f(x) = 0,4101 * x + 4,8481$	4,46 %
Tisza	$f(x) = 2,0600 * x - 1,4234$	41,92 %
Tiborszallasi	$f(x) = 0,9408 * x + 2,68$	3,29 %

5.6. Deckungsbeitrag in den Versuchsjahren 2011 bis 2013

Aufbauend auf Basisdaten wurde der Deckungsbeitrag (WENINGER 2013) nach Tabelle 4.5 berechnet.

Durch Anpassen der jeweiligen Erträge, der Produktpreise, der Reinigungs- und Trocknungskosten sowie der Aussaatmenge und des Saatgutpreises wurde die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Sorten mithilfe des Deckungsbeitrages bewertet.

Die Erträge wurden den angeführten Daten je Sorte, Saatstärke und Standort entnommen. Die Kornerträge sind in kg/ha angegeben, die Stroherträge sind in t/ha angeführt. Für Hanfstroh wird feldfallend je Tonne 45 € bezahlt.

Die Produktpreise für die Hanfsaat waren im Jahr 2011 bei 1,00 €/kg, im Jahr 2012 bei 1,20 €/kg und im Jahr 2013 bei 1,35 €/kg für konventionelle Ware.

Die Reinigungskosten betragen 0,054 €/kg und die Trocknungskosten lagen bei 0,094 €/kg.

Bei Saatstärke von 50 Körnern je m² wurde eine Aussaatmenge von 10 kg/ha angenommen; das entspricht einer Aussaatmenge von 50 kg/ha bei

der hohen Saatstärke. Der Saatgutpreis lag im Jahr 2011 bei 5,25 € je kg, im Jahr 2012 und im Jahr 2013 bei 5,30 € je kg.

Die Transportkosten wurden mit 0,5 Stunden je Tonne angenommen. Ein Traktor mit zwei Anhängern (ca. 24 t) ist ca. 12 Stunden bei der Ablieferung der geenteten Ware unterwegs. Dies entspricht einer Transportbelastung von 35,84 € je Tonnen Erntegut.

Die Parameter Handelsdünger, Pflanzenschutz, variable Maschinenkosten und Lohndrusch blieben unverändert und wiesen einen Betrag von ca. 650 € je Hektar.

Deckungsbeitrag 2011

Tabelle 5.16.: Deckungsbeiträge der einzelnen Hanfsorten im Jahr 2011

Sorte	Standort	Saatstärke	Korn kg/ha	Stroh t/ha	DB €/ha
Epsilon 68	GE	50	1300	3,8	530,80
Epsilon 68	GE	250	560	4,5	-254,55
Epsilon 68	HT	100	780	3,0	15,60
Epsilon 68	HT_EK	100	730	4,1	26,09
Mittelwert			840	3,9	79,48
Fedora 17	GE	50	1830	4,2	977,77
Fedora 17	GE	250	860	4,5	-11,50
Fedora 17	HT	100	970	4,0	215,67
Fedora 17	HT_EK	100	1060	3,9	279,64
Mittelwert			1180	4,1	365,39
Felina 32	GE	50	890	2,8	151,18
Felina 32	GE	250	620	3,8	-236,18
Felina 32	HT	100	1380	5,2	598,42
Felina 32	HT_EK	100	970	2,8	161,67
Mittelwert			960	3,7	168,77
Ferimon	GE	50	1030	3,8	308,64
Ferimon	GE	250	530	2,9	-352,83
Ferimon	HT	100	900	3,3	127,94
Ferimon	HT_EK	100	720	1,8	-89,16
Mittelwert			800	2,9	-1,35
Futura 75	GE	50	1490	4,2	700,27
Futura 75	GE	250	710	4,2	-146,52
Futura 75	HT	100	820	2,3	17,65
Futura 75	HT_EK	100	840	4,6	130,69
Mittelwert			960	3,8	175,52

5. Ergebnisse

Sorte	Standort	Saatstärke	Korn kg/ha	Stroh t/ha	DB €/ha
Santica 27	GE	50	780	4,8	147,80
Santica 27	GE	250	260	4,2	-511,99
Santica 27	HT	100	790	4,4	88,56
Santica 27	HT_EK	100	1310	4,2	496,28
Mittelwert			780	4,4	55,16
Uso 31	GE	50	1130	4,0	397,46
Uso 31	GE	250	950	4,7	70,95
Uso 31	HT	100	1090	3,9	308,21
Uso 31	HT_EK	100	1090	4,4	332,51
Mittelwert			1070	4,2	277,28

Den höchsten Deckungsbeitrag konnte im Jahr 2011 bei der Sorte Fedora 17, gefolgt von Uso 31 und Futura 75 erreicht werden.

Deckungsbeitrag Vegetationsjahr 2012

Tabelle 5.17.: Deckungsbeiträge der einzelnen Sorten im Jahr 2012

Sorte	Standort	Saatstärke	Korn kg/ha	Stroh t/ha	DB €/ha
Epsilon 68	GE	50	720	4,9	253,43
Epsilon 68	GE	250	1230	5,2	564,96
Mittelwert			980	5,1	409,20
Fedora 17	GE	50	1070	4,6	587,82
Fedora 17	GE	250	1130	5,0	453,26
Mittelwert			1100	4,8	520,50
Felina 32	GE	50	650	5,1	184,73
Felina 32	GE	250	1250	6,2	629,42
Mittelwert			950	5,6	407,10
Ferimon	GE	50	760	5,6	312,11
Ferimon	GE	250	1430	5,4	772,89
Mittelwert			1090	5,5	542,50
Finola	GE	50	770		66,36
Finola	GE	250	870		-39,94
Mittelwert			820		13,20

5. Ergebnisse

Sorte	Standort	Saatstärke	Korn kg/ha	Stroh t/ha	DB €/ha
Futura 75	GE	50	790	5,2	329,09
Futura 75	GE	250	1370	7,0	779,60
Mittelwert			1080	6,1	554,30
Santica 27	GE	50	460	6,1	22,20
Santica 27	GE	250	1170	5,8	525,61
Mittelwert			820	5,9	273,90
Uso 31	GE	50	950	3,4	399,48
Uso 31	GE	250	1310	3,9	574,06
Mittelwert			1130	3,6	486,80

Im Jahr 2012 ergaben die Sorten Futura 75 und Ferimon den höchsten Deckungsbeitrag mit ca. 780 €/ha.

Deckungsbeitrag im Vegetationsjahr 2013

Tabelle 5.18.: Deckungsbeiträge der einzelnen Sorten 2013

Sorte	Standort	Saatstärke	Korn kg/ha	Stroh t/ha	DB €/ha
Dora	GE	50	700	4,1	302,45
Dora	GE	250	480	1,9	-268,11
Dora	HT	50	820	2,6	365,92
Dora	HT	250	630	4,0	-2,67
Mittelwert			660	3,2	99,4
Epsilon 68	GE	50	920	5,3	605,23
Epsilon 68	GE	250	550	4,2	-85,36
Epsilon 68	HT	50	860	4,6	503,76
Epsilon 68	HT	250	870	5,0	326,91
Mittelwert			800	4,8	337,6
Fedora 17	GE	50	800	4,4	433,32
Fedora 17	GE	250	470	2,7	-245,40
Fedora 17	HT	50	710	2,4	237,61
Fedora 17	HT	250	640	4,1	15,28
Mittelwert			660	3,4	110,2

5. Ergebnisse

Sorte	Standort	Saatstärke	Korn kg/ha	Stroh t/ha	DB €/ha
Felina 32	GE	50	1390	5,2	1155,85
Felina 32	GE	250	400	3,6	-286,54
Felina 32	HT	50	1170	4,8	878,82
Felina 32	HT	250	910	3,6	302,37
Mittelwert			970	4,3	512,6
Ferimon	GE	50	1370	4,9	1116,78
Ferimon	GE	250	520	2,7	-187,10
Ferimon	HT	50	1290	3,3	948,06
Ferimon	HT	250	490	3,8	-176,62
Mittelwert			920	3,7	425,3
Futura 75	GE	50	870	4,7	520,67
Futura 75	GE	250	420	3,5	-263,08
Futura 75	HT	50	1180	5,1	896,74
Futura 75	HT	250	780	4,8	211,17
Mittelwert			810	4,5	341,4
Santica 27	GE	50	450	3,8	-2,59
Santica 27	GE	250	550	4,0	-100,19
Santica 27	HT	50	810	2,7	357,26
Santica 27	HT	250	560	4,0	-77,91
Mittelwert			590	3,6	44,1
Tiborszallasi	GE	50	790	5,4	463,65
Tiborszallasi	GE	250	450	3,1	-251,48
Tiborszallasi	HT	50	850	2,2	382,60
Tiborszallasi	HT	250	760	4,7	185,13
Mittelwert			710	3,8	195,0
Tisza	GE	50	1230	5,5	984,26
Tisza	GE	250	460	2,9	-250,45
Tisza	HT	50	1190	4,1	863,09
Tisza	HT	250	530	3,7	-132,23
Mittelwert			850	4,1	366,2
Uso 31	GE	50	1100	3,2	717,76
Uso 31	GE	250	910	2,7	266,58
Uso 31	HT	50	830	2,2	359,77
Uso 31	HT	250	670	3,0	4,24
Mittelwert			880	2,8	337,1

Der mittlere Deckungsbeitrag im Jahr 2013 lag bei einer Saatstärke von 50 Körnern je m² bei 604,55 €/ha. Bei einer Saatstärke von 250 Körnern je Quadratmeter betrug der Deckungsbeitrag sogar -50,77 € je Hektar.

Am Standort Hanfthal konnte ein durchschnittlicher Deckungsbeitrag von 322,47 € je Hektar erzielt werden, während am Standort Groß Enzersdorf der mittlere Deckungsbeitrag bei nur € 231,31 lag.

6. Diskussion

6.1. Einfluss des Klimas und der Witterung auf den Wachstums- und Entwicklungsverlauf bei Hanf

Das Jahr 2012 war von den drei untersuchten Jahren das Wärmste mit einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von 10,91°C. Nach einem sehr kalten Februar war die Temperaturkurve über dem Durchschnitt (EITZINGER & GERERSDORFER 2014). In diesem Jahr wurden Hitzerekorde in weiten Teilen Österreichs gebrochen. Im Juli gab es hohe Regenmengen von fast 90 Liter je Quadratmeter. Diese Wetterereignisse wirkten sich bei Hanf mit sehr hohen Korn- und Stroherträgen, vor allem bei der hohen Aussaatmenge, aus.

Die Jahre 2011 und 2013 entsprachen im Witterungsverlauf überwiegend den Werten vom langjährigen Mittel. Dem entsprechend waren auch die Samen- und Stroherträge bei Hanf (EITZINGER & GERERSDORFER 2014; RÖSSLER 2012).

6.2. Einfluss der Saatstärke auf die Bestandesdichte und Wuchshöhe bei Hanf

Aus dem Streudiagramm ist ersichtlich, dass nach 52 Tagen eine positive Korrelation zwischen Bestandesdichte und Wuchshöhe besteht (Kapitel 5.5). Die Bestandesdichte lag bei der niedrigen Saatstärke zwischen 40 und 50 Pflanzen je m² und die Wuchshöhe lag zwischen 15 und 20 cm.

Bei der hohen Saatstärke lag die Bestandesdichte zwischen 120 und 200 Pflanzen je m² und die Wuchshöhe war zwischen 25 und 32 cm (siehe 5.5). Bereits zu dieser Zeit war ein gewisser Ausdünnungseffekt erkennbar, aber auch eine intraspezifische Konkurrenz bei der hohen Saatstärke.



Abbildung 6.1.: Feldbestand 50 Körner/m² (OFNER2011)



Abbildung 6.2.: Feldbestand 250 Körner/m² (OFNER2011)

Bei der niederen Aussaatmenge (50 Körner/m²) lag die Bestandesdichte 76 Tage nach der Aussaat zwischen 29 und 40 Pflanzen je m², durchschnittlich bei 33 Pflanzen je m². Bei der hohen Aussaatmenge (250 Körner/m²) lag die Bestandesdichte zwischen 130 und 187 Pflanzen je m², durchschnittlich bei 147 Pflanzen je m².

Nach 103 Tagen lag die Bestandesdichte bei der niederen Aussaatmenge (50 Körner/m²) bei durchschnittlich 31,9 Pflanzen je m² mit einer Streuung von 23 bis 36 Pflanzen je m². Bei der hohen Aussaatmenge (250 Körner/m²) lag die Bestandesdichte zwischen 121 und 160 Pflanzen je m², durchschnittlich 144,5 Pflanzen je m².

Kurz vor der Ernte, 146 Tage nach der Aussaat, lag die Bestandesdichte bei der niederen Aussaatmenge (50 Körner/m²) durchschnittlich bei 31,9 Pflanzen je m² mit einer Streuung von 19 Pflanzen je m² bis 40 Pflanzen je m². Bei der hohen Aussaatmenge (250 Körner/m²) wuchsen zwischen 97 und 159 Pflanzen je m², durchschnittlich 126,3 Pflanzen je m².

Die Irrtumswahrscheinlichkeit lag bei allen Terminen unter $p=0,0001$.

In beiden Saatstärken ist eine Reduktion der Bestandesdichte teilweise unter die Hälfte der erwarteten Pflanzenzahl bezogen auf die Saatstärke festzustellen.

Tabelle 6.1.: Bestandesreduktion in % von der Aussaatmenge – Groß Enzersdorf 2011

Sorte	Bestandesreduktion 50 Kö./m² in %	Bestandesreduktion 250 Kö./m² in %
Epsilon 68	62	58,4
Fedora 17	70	41,2
Felina 32	74	43,2
Felina 32 NB	60	38,8
Ferimon	80	53,6
Fututra 75	56	63,6
Santica 27	38	49,2
Uso 31	70	56,4

In der Tabelle 6.1 sind Sortenunterschiede erkennbar. Einige Sorten wie Epsilon 68, Fututra 75 und Santhica 27 reagieren ähnlich auf das Wachstum der anderen Pflanzen dieser Sorte (intraspezifische Konkurrenz). Die anderen Sorten kommen mit sehr hohen Saatstärken nicht zurecht und reduzieren den Bestand auf die Hälfte oder noch weniger. Diese Sorten dürften

ein relativ enges Saatstärkenfenster haben. BOSCA & KARUS (1997) sowie RÖSSLER (2012) erhielten ähnliche Ergebnisse.

76 Tage nach der Aussaat lag die Wuchshöhe bei der niederen Aussaatmenge (50 Körner/m²) bei durchschnittlich 149,7 cm mit einer Streuung von 147,5 cm bis 153,4 cm. Bei der hohen Aussaatmenge (250 Körner/m²) lag die Wuchshöhe zwischen 140 und 147,8 cm, durchschnittlich bei 144,1 cm.

Einen Monat später, 103 Tage nach der Saat konnten Wuchshöhen bei der niederen Aussaatmenge (50 Körner/m²) von durchschnittlich 217 cm mit einer Streuung von 206,5 cm bis 235 cm festgestellt werden. Bei der hohen Aussaatmenge (250 Körner/m²) lag die Wuchshöhe zwischen 181,7 und 196,7 cm, durchschnittlich bei 187,7 cm.

Die Wuchshöhe war zur Ernte, 146 Tage nach der Saat, bei der niederen Aussaatmenge (50 Körner/m²) bei durchschnittlich 217 cm mit einer Streuung von 206,5 bis 235 cm. Bei der hohen Aussaatmenge (250 Körner/m²) lag die Wuchshöhe zwischen 181,7 und 196,7 cm, durchschnittlich bei 187,7 cm. Im letzten Monat konnte kein Höhenwachstum festgestellt werden.

Die sehr früh einsetzende Konkurrenz zwischen den Einzelpflanzen bei der hohen Saatstärke trieb diese Pflanzen in die Höhe – wie dies auch 52 Tage nach der Saat dokumentiert wurde. Gleichzeitig wurde die Konkurrenz um Nährstoffe und vor allem Wasser durch die Wurzeln sehr schnell tragend, so hinderten sich die Pflanzen gegenseitig am Wachstum – die höhere Saatstärke zeigt Wachstumsdepressionen (bei Bonituren 76, 103 und 146 Tage nach der Aussaat), unterdrückt aber ausgezeichnet andere Pflanzen und Unkräuter. Auch HANF & DRESCHER (1996) sowie RÖSSLER (2012) erhielten ähnliche Ergebnisse.

6.3. Einfluss der Saatstärke, des Säsystems, der Bestandesdichte und des Erntetermines auf den Kornertrag bei Hanf

Säsysteme

Der Unterschied der beiden Säsysteme (Drillsaat und Einzelkornsaat) liegt in der Kornablage. Während bei der Drillsaat die Körner eher locker in den Boden gelegt und lediglich durch einen Saatstriegel bedeckt werden

wird bei der Einzelkornsaat jedes einzelne Korn in die Erde abgelegt und entsprechend angedrückt, um eine rasche Anbindung an den kapillaren Wasseraufstieg zu gewährleisten.

Die beiden Säsysteme unterscheiden sich signifikant voneinander. Der Durchschnittsertrag lag bei der Drillsaatvariante bei 670 kg/ha während bei der Einzelkornsaat ein mittlerer Hafsaatertrag von 944 kg/ha erzielt werden konnte. Die Einzelkornsaat ergab allerdings eine höhere Streuung.

Gründe für diese Schwankungen dürften der Ausgangsbestand (Einzelkorn ca. 200 Körner je m² und Drillsaat ca. 140 Körner je m²) und der Standraum der einzelnen Pflanzen sein.

RÖSSLER (2012) konnte diesen Effekt auch feststellen. In Belgien (FAUX ET AL. 2013) wurden vergleichbare Kornerträge erzielt.

Saatstärke Sorte Finola

Am Standort Hanfthal wurde im Jahr 2013 die Sorte Finola in vier unterschiedlichen Saatstärken (30, 60, 90 und 120 keimfähige Körner je m²) gesät. Eine Ertragssteigerung zeigte sich bis zu einer Saatstärke von 90 Körnern je Quadratmeter. Bei 120 keimfähigen Körnern je m² verminderte sich der Kornertrag – nach einjährigen Versuchsergebnissen lag die optimale Saatstärke bei 90 Körnern je Quadratmeter.

Mehrfährige Erträge aus Groß Enzersdorf

Der Kornertrag wurde durch das Jahr und die Saatstärke signifikant beschrieben werden.

Das Jahr 2013 unterschied sich signifikant vom Jahr 2012 durch einen niedrigeren Ertrag. Ausschlaggebend hierfür war der hohe Ertrag der Saatstärke mit 250 Körnern je m² im Jahr 2012. Das Jahr 2012 war witterungsbezogen ein überdurchschnittliches Jahr da die Erträge bei hoher Saatstärke signifikant höher waren als die Erträge bei niedrigerer Saatstärke.

Das Jahr 2011 unterschied sich im Hanfsamenertrag weder vom Jahr 2012 noch vom Jahr 2013. In den Jahren 2011 und 2013 zeigte die niedrigere

Saatstärke einen signifikant höheren Kornertrag als die hohe Bestandesdichte.

Die Empfehlung, niedrigere Saatstärken für Kornnutzung ist in der Literatur weit verbreitet (RUTHENBERG & LANGKAU 1996; BOSCA & KARUS 1997; RÖSSLER 2012; AIGNER & ALTENBURGER 2012; RÖSSLER 2012; OFNER ET AL. 2013; BOULOC ET AL. 2013; OFNER ET AL. 2014).

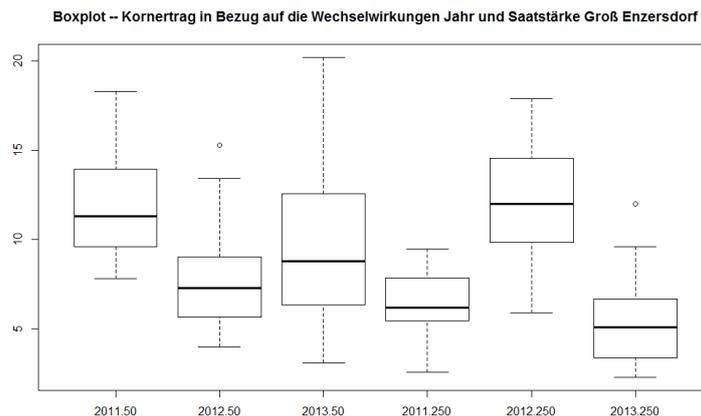


Abbildung 6.3.: Boxplot mehrjähriger Kornertrag in dt/ha am Standort Groß Enzersdorf nach Saatstärke und Jahr sortiert

Die höchsten Erträge wurden im Jahr 2012 bei hoher Saatstärke erzielt. Ausreichend Wasser und überdurchschnittlich hohe Monatsmittelwerte bei der Temperatur ergaben optimale Wachstumsbedingungen für den Hanf.

Kornerträge beider Standorte

Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen Jahr und Standort und auch deren Wechselwirkungen festgestellt werden (Vergleiche Boxplot 6.3).

Hochsignifikante Unterschiede ergaben sich bei der Saatstärke und dem Jahr, sowie der Wechselwirkung aus Saatstärke und Jahr.

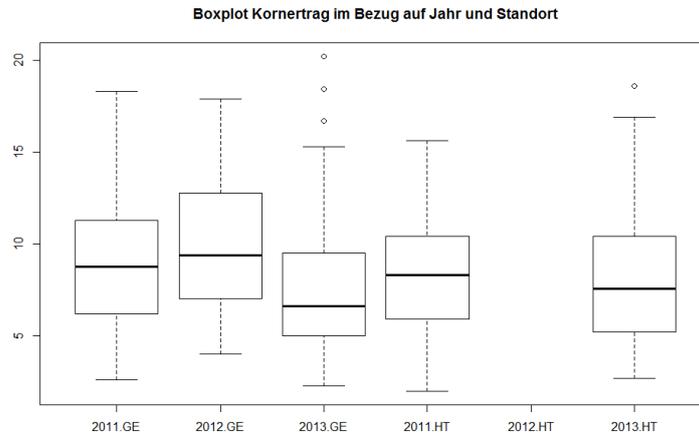


Abbildung 6.4.: Boxplot mehrjähriger Kornertrag in dt/ha – Jahr und Standort

Erntetermin

Im Jahr 2011 wurde am Standort Hanfthal eine Beurteilung des Erntetermines durchgeführt. Die Ernte erfolgte am 05. 09. 2011, am 19. 09. 2011 und am 03. 10. 2011.

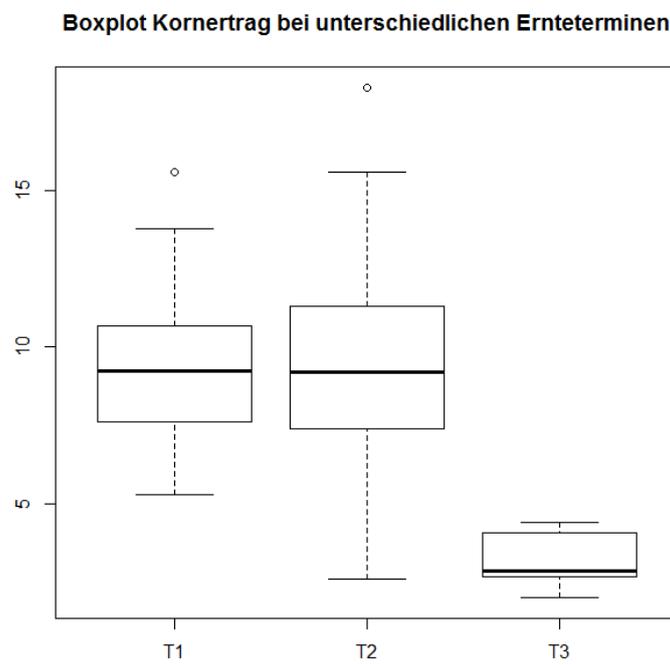


Abbildung 6.5.: Boxplot Kornertrag in dt/ha bei unterschiedlichem Erntetermin

Die frühen Erntetermine (Anfang bis Mitte September) zeigten annähernd gleichhohe Erträge, die Streuung war jedoch beim zweiten Termin bedeutend höher als beim frühesten Erntetermin. Der Boxplot zeigt sowohl eine starke Tendenz nach unten (überreife Sorten) wie auch nach oben (Sorten, die beim ersten Termin noch nicht ganz reif waren).

Der Erntetermin Anfang Oktober war eindeutig zu spät. Ein Großteil der Körner waren zu dieser Zeit bereits ausgefallen. Reife Hanfsamen lagen locker auf der Hanfpflanze und wurden durch Wind, Wetter und Vogelfrass von der Pflanze geworfen.

Auch RÖSSLER (2012) beobachtete dieses Phänomen.



Abbildung 6.6.: reife Samen auf einer Hanfpflanze (OFNER2011)

6.4. Einfluss der Saatstärke, des Säsystems, der Bestandesdichte und des Erntetermines auf den Hanfstrohertrag

Im Mittel aller Erhebungen (2011 bis 2013) lag der Strohertrag bei 4100 Kilogramm je Hektar geröstete Ware. Einfluss auf diesen Ertragsparameter nahm das Jahr, der Standort, die Sorte, die Saatstärke sowie Wechselwirkungen Saatstärke mit Jahr, Standort und Sorte.

Die Stroherträge verminderten sich auch durch einen späteren Erntetermin nicht.

Die ausgewählten Sorten für die Koppelnutzung zeigten keine eindeutigen Unterschiede im Strohertrag.

Das Jahr 2012 ergab einen höheren Strohertrag als die Jahre 2011 und 2013. Ursachen waren extrem gute Wuchsbedingungen im Sommer wie die hohen Niederschlagsmengen im Juli und überdurchschnittlich hohe Temperaturen im Juni, Juli und August.

Die Unterschiede, die sich bei den Wechselwirkungen von Saatstärke mit Jahr, Standort und Sorte ergaben sind bei direktem Vergleich nicht zuzuordnen. Dies ist ein Indiz, dass es kein generelles Ergebnis für eine optimale Saatstärke gibt — sie ist vom Jahr, von der Sorte und vom Standort abhängig.

Bei anderen landwirtschaftlichen Fruchtarten wurde dies entsprechend dokumentiert (GEISLER 1983).

Gleich hohe Stroherträge konnten in Italien (AMADUCCI ET AL. 2008) mit den Sorten Futura 75 und Tiborszallasi erzielt werden. Auch in Belgien (FAUX ET AL. 2013) wurden ähnlich hohe Stroherträge erzielt. In Irland (RICE 2008) wurden etwas höhere Trockenmasseerträge, bei reiner Ganzpflanzennutzung und anderen Sorten dokumentiert.

6.5. Korrelationen der Erträge

Die mittlere Regressionsgerade weicht teilweise sehr deutlich vom Verhalten einzelner Sorten ab. In manchen Fällen konnte sich sogar die Gerade umkehren – von einer positiven Korrelation zu einer negativen. Die Erklärbarkeit der Daten durch die linearen Regressionsgeraden erscheint im ersten Augenblick sehr gering. Da es sich hierbei um Feldergebnisse aus der freien Natur handelt – wo Klima, Witterung, Boden, Vorfrüchte, ... unterschiedlich sind relativiert dies die angeführten Streuungen..

Hohe Erklärbarkeiten ergeben sich bei den drei ungarischen Sorten (Dora, Tisza und Tiborszallasi). Diese Hanfsorten wurden nach einjährigem Versuchsergebnis im Jahr 2013 in die Auswertung aufgenommen.

6.5.1. Kornertrag und Strohertrag

Alle Sorten ergaben bei der Korrelation von Korn- und Strohertrag einen positiven Zusammenhang. Die mittlere Gerade wies eine Steigung von 0,9684 auf.

Die größten Steigungen zeigen die Sorte Tisza (2,06), Futura 75 (1,42), Felina 32 (1,32) und Epsilon 68 (1,31). Bei entsprechendem Massezuwuchs liefern diese Sorten auch Kornhöchstträge.

Die Steigung von Tisza (2,06) zeigt, dass bei einer Erhöhung des Strohertrages um eine Tonne der Kornertrag um 2,06 Dezitonnen ansteigt.

Sehr geringe Steigungen ergaben die Sorten Dora (0,41), Uso 31 (0,45) und Santhica 27 (0,85). Diese Sorten beginnen auf hohem Niveau und kommen schnell an deren Ertragsmaximum. Die Ertragssicherheit liegt auch bei geringeren Bestandesdichten vor.

6.5.2. Kornertrag und Wuchshöhe

Im Mittel aller Sorten korreliert der Kornertag mit der Wuchshöhe positiv mit einer Steigung von 0,00925. Hohe Steigungen zeigen die Sorten Tiborszallasi (0,068), Tisza (0,064) und die Sorte Ferimon (0,042).

Negative Steigungen konnten bei den Sorten Uso 31 (-0,0091) und Santhica 27 (-0,0072) festgestellt werden. Diese Sorten leiden unter der Konkurrenz des Hanfbestandes überdurchschnittlich stark.

6.5.3. Kornertrag und Bestandesdichte

Eine hohe Bestandesdichte wirkte sich negativ auf den Kornertrag aus (Durchschnittlich -0,0193). Vor allem die Sorten Tisza (-0,0503), Ferimon (-0,03528) und Futura 75 (-0,019) zeigte eine starke Abnahme der Erträge durch eine hohe Bestandesdichte. Die Sorten Tiborszallasi (-0,0022), Fedora 17 (-0,0025) und die Sorte Dora (-0,006) zeigen sehr geringe Gefälle.

Der Ausgangswert, der Wert bei $x=0$, ist ein Spiegel des Gefälles der Geraden. Im Bereich zwischen 50 und 100 Pflanzen je Quadratmeter schneiden fast alle Regresionsgeraden die Y-Achse bei $x=0$. Dies führt zur Ansammlung großer Datenmengen in diesem Bereich und beschreibt zum Anderen den optimalen Pflanzenbestand.

6.5.4. Strohertrag und Wuchshöhe

Die Wuchshöhe korreliert positiv (0,00925) mit dem Strohertrag – je höher die Wuchshöhe der Pflanzen, umso mehr Stroh.

Die Sorten Tiborszallasi (0,027), Felina 32 (0,016) und Uso 31 (0,014) zeigen die größte Steigung. Diese Sorten steigern den Strohertrag überdurchschnittlich zu deren Wuchshöhe. Die Sorte Santhica 27 zeigt als einzige eine negative Gerade mit einem Gefälle von -0,00037.

Sehr geringe Steigungen ergaben die Sorten Dora (0,0012), Epsilon 68 (0,0013) und Tisza (0,0052).

6.5.5. Strohertrag und Bestandesdichte

Die Bestandesdichte weist einen schwach negativen Einfluss auf den Strohertrag (-0,004) auf. Die Strohqualität wird dadurch positiv beeinflusst.

Bei den Sorten Dora (0,0036), Uso 31 (0,0019), Tiborszallasi (0,0017) und Epsilon 68 (0,0003) stieg sogar der Strohertrag mit der Bestandesdichte an. Das größte Gefälle konnte bei den Sorten Felina 32 (-0,013), Tisza (-0,011), Santhica 27 (-0,0085) und Ferimon (-0,0072) festgestellt werden.

6.6. Deckungsbeitrag

In der Landwirtschaft dient der Deckungsbeitrag zum Vergleich der Wirtschaftlichkeit von Betriebszweigen, aber auch zum Vergleich von Veränderungen in der Produktionstechnik.

In der angeführten Arbeit wurde der Deckungsbeitrag auf die einzelnen Sorten, Standorte und Saatstärken bezogen.

Veränderte Parameter wie Saatgutmenge, Erträge, Reinigungs-, Trocknungs- und Transportkosten wurden mit der entsprechenden Menge und dem Jahr angepassten Preisen berechnet.

Im Jahr 2011 ergaben folgende Sorten die höchsten Deckungsbeiträge:

1. Fedora 17 – GE – 50 Kö. / ha — 977,77 €/ha
2. Futura 75 – GE – 50 Kö./ha — 700,27 €/ha

3. Felina 32 – HT – Drillsaat – 598,42€/ha
4. Epsilon 68 – GE – 50 Kö. / ha — 530,80 €/ha
5. Santhica 27 – HT – Einzelkornsaat – 496,28 €/ha

Mit Ausnahme der Sorte Uso 31 waren alle Deckungsbeiträge bei einer Saatstärke von 250 Körnern/m² im Jahr 2011 negativ.

Im Jahr 2012 konnte nur der Standort Groß Enzersdorf ausgewertet werden. Die höchsten Deckungsbeiträge ergaben:

1. Futura 75 – GE – 250 Kö. / ha — 779,60 €/ha
2. Ferimon – GE – 250 Kö./ha — 772,89 €/ha
3. Felina 32 – GE – 250 Kö./ha – 629,42€/ha
4. Fedora 17 – GE – 50 Kö. / ha — 587,82 €/ha
5. Uso 31 – GE – 250 Kö./ha – 574,06 €/ha

Im Jahr 2012 führten die hohen Saatstärken zu Vorteilen. Vor allem die günstige Witterung im Juli und August führte zu hohen Erträgen.

2013 konnten folgende Varianten hohe Deckungsbeiträge erzielen:

1. Felina 32 – GE – 50 Kö. / ha — 1.155,85 €/ha
2. Ferimon – GE – 50 Kö./ha — 1.116,78 €/ha
3. Tisza – GE – 50 Kö./ha – 984,26€/ha
4. Ferimon – HT – 50 Kö. / ha — 948,06 €/ha
5. Futura 75 – HT – 50 Kö. / ha – 896,74 €/ha

Am Standort Hanfthal war im Jahr 2013 der durchschnittlicher Deckungsbeitrag um ca. 90€/ha höher als am Standort Groß Enzersdorf.

Über die Jahre hinweg (2011 bis 2013) zeigte sich, daß bei der hohen Saatstärke die Saatgutkosten einen möglichen Mehrertrag kompensieren. Die Erhöhung des Deckungsbeitrages ist überwiegend auf die Erhöhung der Produktpreise zurückzuführen.

Literatur

- [1] AGRARWIRTSCHAFT (2014): *Anbau auf Ackerland @ONLINE*. URL: <http://www.agraroekonomik.at/index.php?id=789&K=0> (besucht am 02.01.2014).
- [2] AIGNER, J. & ALTENBURGER, J. (2012): *Pflanzenbau*. Wien: Österreichischer Agrarverlag.
- [3] AMADUCCI, S., SCORDIA, D., LIU, F., ZHANG, Q., GUO, H., TESTA, G. & COSENTINO, S. (2014): *Key cultivation techniques for hemp in Europe and China*. Technischer Bericht. Piacenza: Industrial Crop & Products.
- [4] AMADUCCI, S., ZATTA, A., PELATTI, F. & VENTURI, G. (2008): *Influence of agronomic factors on yield and quality of hemp (Cannabis sativa L.) fibre and implication for an innovative production system*. Technischer Bericht. Piacenza: Field Crops Research.
- [5] ASABE (2009): *ASABE STANDARDS 2009 – Standards Engineering Practices Data*. Hrsg. von AGRICULTURAL, A. S. of & ENGINEERS, B. St. Joseph – USA: American Society of Agricultural & Biological Engineers.
- [6] BARTHET, V., KLENSPORF-PAWLIK, D. & PRZYBYLSKI, R. (2014): *Antioxidant activity of flaxseed meal components*. Technischer Bericht. s. l.: Canadian Journal of Plant Science.
- [7] BIEHLER, H., HAMPICKE, U., RICHTER, U. & WEISE, P. (2007): *Regionale Wertschöpfungssysteme von Flachs und Hanf*. Marburg: Metropolis Verlag.
- [8] BMF (2005): *Schätzungsreinkarte, Schätzungsbuch und Gemeindebeschreibung der Katastralgemeinde Hanfthal (KG Nr. 13018)*. Wien: Bundesministerium für Finanzen (Hrsg.)
- [9] BOSCA, I. (1995): *Sortenfrage – Sortenauswahl*. Technischer Bericht. Wieselburg: B L T Wieselburg – Tagungsband Hanfworkshop II.
- [10] BOSCA, I. & KARUS, M. (1997): *Der Hanfanbau Botanik, Sorten, Anbau und Ernte*. Heidelberg: C. F. Müller Verlag.
- [11] BOULOC, P., ALLEGRET, S. & ARNAUD, L. (2013): *Hemp Industrial Production and Uses*. London: CAB International.
- [12] CALLAWAY, J., SCHWAB, U., HARVIMA, I., HALONEN, P., MYKKÄNEN, O., HYVÖNEN, P. & JÄRVINEN, T. (2005): „Efficacy of dietary hempseed oil in patients with atopic dermatitis“. In: *Journal of Dermatological Treatment*.
- [13] CARUS, M., GAHLE, C., PENDAROVSKI, C., VOGT, D., ORTMANN, S., GROTENHERMEN, F., BREUER, T. & SCHMIDT, C. (2008): *Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaser – Werkstoffen(Deutschland und EU)*. Technischer Bericht. Gülzow: Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR) – Gülzower Fachgespräche, Band 26.

- [14] CLARKE, R. (2009): *Hanf Botanik, Anbau, Vermehrung und Züchtung*. Aarau: AT Verlag.
- [15] DAN, A. I., DUDA, M. M., MOLDOVAN, C. & FLORIAN, T. (2014): *The Influence of Different Seeding Space and Organic Fertilization Level Upon Production and Mass of 1000 Seeds, Recorded in Some Hemp Varieties*. Technischer Bericht. Cluj-Napoca: Bulletin UASVM Argiculture.
- [16] EITZINGER, J. & GERERSDORFER, T. (2014): *Klima und Witterungsverhältnisse*. Technischer Bericht. Wien: Projekt MUBIL.
- [17] ERNÄHRUNGSSICHERHEIT AGES, B. für (2013): *österreichische beschreibende Sortenliste; Hanf @ONLINE*. URL: <http://baes.gv.at/pflanzensorten/oesterreichische-beschreibende-sortenliste7oel-faser-und-handelpflanzen/hanf/> (besucht am 26.12.2013).
- [18] EU – RAT (2014): *Verordnung (EG) Nr. 73/2009 des Rates vom 19. Januar 2009 mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der gemeinsamen Agrarpolitik und mit bestimmten Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1290/2005, (EG) Nr. 247/2006, (EG) Nr. 378/2007 sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 @ONLINE*. URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32009R0073:de:NOT> (besucht am 02.01.2014).
- [19] FAUX, A., DRAYE, X., LAMBERT, R., D'ANDRIMONT, R., RAULIER, P. & BERTIN, P. (2013): *The relationship of stem and seed yields to flowering phenology and sex expression in monoecious hemp (Cannabis sativa L.)* Technischer Bericht. Louvain-la-Neuve: European Journal of Agronomy.
- [20] FERTL, T. (2000): *Anbau von Hanf (Cannabis sativa L.) im Bundesland Salzburg: Erfahrungen und Empfehlungen*. Diplomarbeit. Salzburg: Universität Salzburg.
- [21] FISCHER, M., ADLER, W. & OSWALD, K. (2005): *Exkursionsflora für Österreich, Lichtenstein und Südtirol*. Linz: Land Oberösterreich.
- [22] GARCIA, I., ZUAZO, V. D., ALVEAREZ, R. P., HERNADEZ, A., CASANO, S., MORON, M. & FERNANDEZ, J. M. (2014): *Impact of Plant Density and Irrigation on Yield of Hemp (Cannabis sativa L.) in a Mediterranean Semi-arid Environment*. Technischer Bericht. s. l.: Journal of Argicultural Science & Technology.
- [23] GEISLER, G. (1983): *Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemäßigten Klimas*. Berlin und Hamburg: Verlag Paul Parey.
- [24] GUSOVIUS, H.-J. (2002): *Stoffumwandlungen und Umwelteinflüsse in Verfahrensketten für Faserhanf*. Dissertation. Berlin: Humboldt Universität.
- [25] GUTBERLET, V. & KARUS, M. (1995): *Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an Hanf (Cannabis sativa)*. 2. Köln: nova – Institut.
- [26] HAVERKAMP, M. (2014): *Einfluss der agronomischen Maßnahmen, Umwelt und Sorte auf die wertbestimmenden Eigenschaften von Faserhanf (Cannabis sativa L.) in Nordrhein-Westfalen*. Dissertation. Bonn: Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität.
- [27] HERER, J., BRÖCKERS, M. & NOVAINSTITUT (1996): *Die Wiederentdeckung der Nutzpflanze Hanf, Cannabis Marihuana*. München: Wilhelm Heyne Verlag.

- [28] HÖPPNER, F. & MENGE, U. (1994): *Anbauversuche zur Stickstoffdüngung und Bestandesdichte von Faserhanf*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- [29] JANKAUSKIENE, Z., GRUZDEVIENE, E. & LAZAUSKAS, S. (2014): *Potential of industrial hemp (Cannabis sativa L.) genotypes to suppress weeds*. Technischer Bericht. Utyte: Zemdirbyste-Agriculture.
- [30] JONES, S. & HAMPTON, J. (2010): *International Rules for Seed Testing, Edition 2010*. Hrsg. von ASSOCIATION, I. S. T. Bassersdorf: Eigenverlag.
- [31] KARIMI, I. & HAYATGHAIBI, H. (2006): *Effect of Cannabis sativa L. Seed (Hempseed) on Serum Lipid and Protein Profiles of Rat*. Technischer Bericht. s. l.: Pakistan Journal of Nutrition.
- [32] MAYRHUBER, E., WINKLER-RIEDER, W., VOGL, C. & SCHMIDINGER, G. (1997): *Potentiale, Hemmnisse und Bedarfslage für den Einsatz der nachwachsenden Rohstoffe Hanf und Flachs in Österreich*. Technischer Bericht. Wien: Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie.
- [33] MUTINSUMU, M., TABA, K., SILOU, T., KINDALA, T., GALAMA, K. & TSHIOMBE, M. (2014): *Properties of biodiesel from Cannabis sativa and Carapa procera seeds by homogeneous catalysis*. Technischer Bericht. Kinshasa: International Journal of Agriculture & Food Science.
- [34] NAVEED, M., KAHN, T. A., ALI, I., HASSAN, A., ALI, H., DIN, Z. U., HASSAN, Z., TABASSUM, S., SAQIB, MAJID, A. & REHMAN, M. U. (2014): *In vitro antibacterial activity of Cannabis sativa leaf extracts to some selective pathogenic bacterial strains*. Technischer Bericht. Mansehra: International Journal of Biosciences.
- [35] OFNER, K. (2008): *Die Bedeutung unterschiedlicher Habitatparameter für die Populationsdichte des Feldhasen im Vorarlberger Rheintal*. Wien: Diplomarbeit — Universität für Bodenkultur.
- [36] OFNER, K., RÖSSLER, T., KASTELLIZ, A., WAGENTRISTL, H. & LIEBHARD, P. (2014): *Einfluss der Sorte auf den wirtschaftlichen Erfolg des Nutzhanfanbaues (Cannabis sativa) im pannonischem Klimagebiet*. Technischer Bericht. Wien: Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel- Veterinär- und Agrarwesen (ALVA) – Tagungsband 2014.
- [37] OFNER, K., RÖSSLER, T., KASTELLIZ, A., WAGENTRISTL, H. & LIEBHARD, P. (2013): *Einfluss ausgewählter Parameter auf den Korn- und Faserertrag bei Hanf (Cannabis sativa L.) im pannonischen Produktionsgebiet Österreichs*. Technischer Bericht. Wien: Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel- Veterinär- und Agrarwesen (ALVA) – Tagungsband 2013.
- [38] PORTO, C. D., DECORTI, D. & NATOLINO, A. (2014): *Ultrasound-assisted extraction of volatile compounds from industrial Cannabis sativa L.) inflorescences*. Technischer Bericht. Udine: International Journal of Applied Research in Natural Products.
- [39] QURESHI, H., ARSHAD, M. & BIBI, Y. (2014): *Invasive flora of Pakistan: a critical analysis*. Technischer Bericht. Rawalpindi: International Journal of Biosciences.
- [40] RASCH, D., VERDOOREN, R. & GOWERS, J. (2007): *Planung und Auswertung von Versuchen und Erhebungen*. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH.

- [41] RICE, B. (2008): *Hemp as a Feedstock for Biomass-to-Energy Conversion*. Technischer Bericht. London: Journal of Industrial Hemp.
- [42] RIEFER, A. (1997): *Das kleine Buch vom Hanf* 2. München: Wilhelm Heyne Verlag.
- [43] ROSCHER, E. (2000): *Einfluß von Sorte, Saatzeitpunkt und Bestandesdichte auf die Ganzpflanzen- und Fasernutzung bei Hanf (Cannabis sativa L.)* Diplomarbeit. Wien: Universität für Bodenkultur.
- [44] RÖSSLER, T. (2012): *Einfluss des Standorts und der Sorte auf den Samen-, Restpflanzenertrag (Fasern und Schäben) bei Hanf (Cannabis sativa L.)* Diplomarbeit. Wien: Universität für Bodenkultur, Wien.
- [45] RÖSSLER, T., OFNER, K. & LIEBHARD, P. (2012): *Einfluss von Sorte und Saatstärke auf den Samen-, Faser und Schäbenertrag bei Hanf*. Technischer Bericht. Wien: Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel- Veterinär- und Agrarwesen (ALVA) – Tagungsband 2012.
- [46] RUF, T. (2007): *Analyse und Darstellung wissenschaftlicher Daten in der Wildtierbiologie@Lehrveranstaltungsunterlagen*. URL: <http://www.fwiwi.at/Lehrveranstaltungen> (besucht am 15.01.2007).
- [47] RUTHENBERG, D. & LANGKAU, J. (1996): *Nutzhanf – vom konventionellen zum ökologischen Anbau*. Holm: Deukalion Verlag.
- [48] SALENTIJN, E. M., ZHANG, Q., AMADUCCI, S., YANG, M. & TRINDADE, L. M. (2014): *New developments in fiber hemp (Cannabis sativa L.) breeding*. Technischer Bericht. Wangeningen: Industrial Crops & Products.
- [49] SCHÄFER, T. (2003): *Wirkung von Wachstumsfaktoren und pflanzenbaulichen Maßnahmen auf Biomasse und Faserertrag sowie Faserqualität von Nutzhanf (Cannabis sativa L.)* Dissertation. Gießen: Justus-Liebig Universität.
- [50] SCHÖBER-BUTIN, B., GRABE, V. & BARTELS, G. (1999): *Farbatlas Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen*. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co.
- [51] SCHREIBER, G. (1997): *Handbuch Hanf*. München: Wilhelm Heyne Verlag.
- [52] SCHWENG, E. (2011): *Ernährungsphysiologische Bedeutung von Hanfprodukten unter besonderer Berücksichtigung regionaler Aspekte*. Diplomarbeit. Wien: Universität Wien.
- [53] SINGH, A., DANGWAL, L. & SINGH, T. (2014): *Some lesser known fiber yielding weeds used by Gujjar and Bekarwal tribes of District Rajouri, Jammu and Kashmir*. Technischer Bericht. Badshahithaul: Journal of Applied & Natural Science.
- [54] STOLZENBURG, K. (2014): *Hanfanbau 2005 @ONLINE*. URL: <http://www.ltz-bw.de/pb/,Lde/Startseite> (besucht am 02.01.2014).
- [55] SVEC, I. & HRUSKOVA, M. (2014): *Evaluation of model weath/hemp composites*. Technischer Bericht. Potravinarstvo: Potravinarstvo Scientific Journal for Food Industry.
- [56] VOGL, C. & HESS, J. (1995): *Hanf (Cannabis sativa L.) als nachwachsender Rohstoff aus der Sicht des Biologischen Landbau*. Technischer Bericht. Wieselburg: B L T Wieselburg – Tagungsband Hanfworkshop II.

- [57] WENINGER, L. (2013): „Hanf: Der wiederentdeckte Schatz“. In: *Top Agrar Österreich* 11/2013.

Abbildungsverzeichnis

3.1. Männliche Hanfpflanze	16
3.2. Weibliche Hanfpflanze	17
3.3. Wildhanf	18
3.4. Nutzhanf	19
3.5. Hanfmotte	24
3.6. Hanfminiermotte	25
3.7. Blattläuse	25
3.8. Phoma	26
3.9. Schnitt Hanfstängel	28
3.10. Strukturformel CBD	29
3.11. Strukturformel CBG	29
3.12. Nutzung von Hanf	30
4.1. Versuchsernte mittels Mähdrescher	37
5.1. Temperatursummenkurve Groß Enzersdorf	47
5.2. Klimadiagramm Groß Enzersdorf, 2011	48
5.3. Klimadiagramm Groß Enzersdorf, 2012	49
5.4. Klimadiagramm Groß Enzersdorf 2013	50
5.5. Korrelation von Bestandesdichte und Wuchshöhe 52 Tage nach Aussaat	52
5.6. Korrelation von Bestandesdichte und Wuchshöhe 76 Tage nach Aussaat	53
5.7. Korrelation von Bestandesdichte und Wuchshöhe 103 Tage nach Aussaat	54
5.8. Korrelation von Bestandesdichte und Wuchshöhe 146 Tage nach Aussaat	55
5.9. Boxplot Faserertrag 2011	57

5.10. Boxplot Schäbenertrag 2011	58
5.11. Boxplot Samenertrag 2012	60
5.12. Boxplot Samenertrag 2012	60
5.13. Boxplot Faserertrag 2012	61
5.14. Boxplot Schäbenertrag 2012	62
5.15. Erträge der Sorte Finola 2013	64
5.16. Boxplot Faserertrag 2013	65
5.17. Boxplot Schäbenertrag 2013	66
5.18. Korrelation Kornertrag – Wuchshöhe	69
5.19. Korrelation Kornertrag – Bestandesdichte	71
5.20. Strohertrag in abhängigkeit von der Sorte	72
5.21. Boxplot mehrjähriger Strohertrag nach Jahren sortiert . . .	74
5.22. Korrelation von Hanfstrohertrag und Wuchshöhe	75
5.23. Korrelation von Hanfstrohertrag und Bestandesdichte	77
5.24. Korrelation von Hanfkornertrag und Strohertrag	79
6.1. Feldbestand 50 Körner/m ²	87
6.2. Feldbestand 250 Körner/m ²	87
6.3. Boxplot mehrjähriger Kornertrag Groß Enzersdorf	91
6.4. Boxplot mehrjähriger Kornertrag	92
6.5. Boxplot Kornertrag bei unterschiedlichem Erntetermin	93
6.6. reife Samen auf einer Hanfpflanze	94
B.1. Versuchsplan Groß Enzersdorf 2011	109
B.2. Versuchsplan Groß Enzersdorf 2012	110
B.3. Versuchsplan Groß Enzersdorf 2013	111
B.4. Versuchsplan Hanfthal Einzelkornsaat 2011	112
B.5. Versuchsplan Hanfthal Drillsaat 2011	113
B.6. Versuchsplan Hanfthal 2012	114
B.7. Versuchsplan Hanfthal 2013a	115
B.8. Versuchsplan Hanfthal 2013b	116

Tabellenverzeichnis

3.1. Anbaufläche in Österreich	15
3.2. EU – Sortenliste (1)	20
3.3. EU – Sortenliste (2)	21
3.4. Nährstoffzugszahlen Hanf	26
4.1. Vorfrüchte und Feldstücke Hanfthal	32
4.2. Vorfrüchte und Feldstücke Groß Enzersdorf	34
4.3. verwendete Sorten	34
4.4. Legende Scatterplot	44
4.5. Deckungsbeitrag Hanf – allgemein	45
5.1. Klimadaten Groß Enzersdorf	47
5.2. Korrelation Bestandesdichte und Wuchshöhe 52 Tage nach Aussaat	51
5.3. Korrelation Bestandesdichte und Wuchshöhe 76 Tage nach Aussaat	52
5.4. Korrelation Bestandesdichte und Wuchshöhe 103 Tage nach Aussaat	53
5.5. Korrelation Bestandesdichte und Wuchshöhe 146 Tage nach Aussaat	54
5.6. Samenerträge in Hanfthal und Groß Enzersdorf 2011	55
5.7. Samenerträge in Groß Enzersdorf 2012	59
5.8. Samenerträge 2013	63
5.9. Kornertrag mehrjährig, beide Standorte	67
5.10. Regressionsgerade und erklärbare Varianz der einzelnen Sorten	70
5.11. Regressionsgerade und erklärbare Varianz der einzelnen Sorten	72
5.12. Strohertrag mehrjährig, beide Standorte	73
5.13. Regressionsgerade und erklärbare Varianz der einzelnen Sorten	76

5.14. Regressionsgerade und erklärbare Varianz der einzelnen Sorten	78
5.15. Regressionsgerade und erklärbare Varianz der einzelnen Sorten	80
5.16. Deckungsbeiträge der einzelnen Sorten 2011	81
5.17. Deckungsbeiträge der einzelnen Sorten 2012	82
5.18. Deckungsbeiträge der einzelnen Sorten	83
6.1. Bestandesreduktion – Groß Enzersdorf 2011	88
C.1. Tukey HSD Faserertrag Hanfthal 2011 Einzelkornsaat . . .	124
C.2. Tukey HSD Faserertrag Hanfthal 2011 Drillsaat	126
C.3. Tukey HSD Faserertrag Groß Enzersdorf 2012 – Saatstärke 50 Körner/ m ²	127
C.4. Tukey HSD Schäbenertrag Groß Enzersdorf 2012 – Saatstärke 50 Körner/ m ²	128
C.5. Tukey HSD Faserertrag Groß Enzersdorf 2012 – Saatstärke 250 Körner/ m ²	129
C.6. Tukey HSD Schäbenertrag Groß Enzersdorf 2012 – Saatstärke 250 Körner/ m ²	130

A. Ehrenerklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Hanfthal, im Dezember 2014

B. Versuchspläne

B.1. Groß Enzersdorf 2011 bis 2013

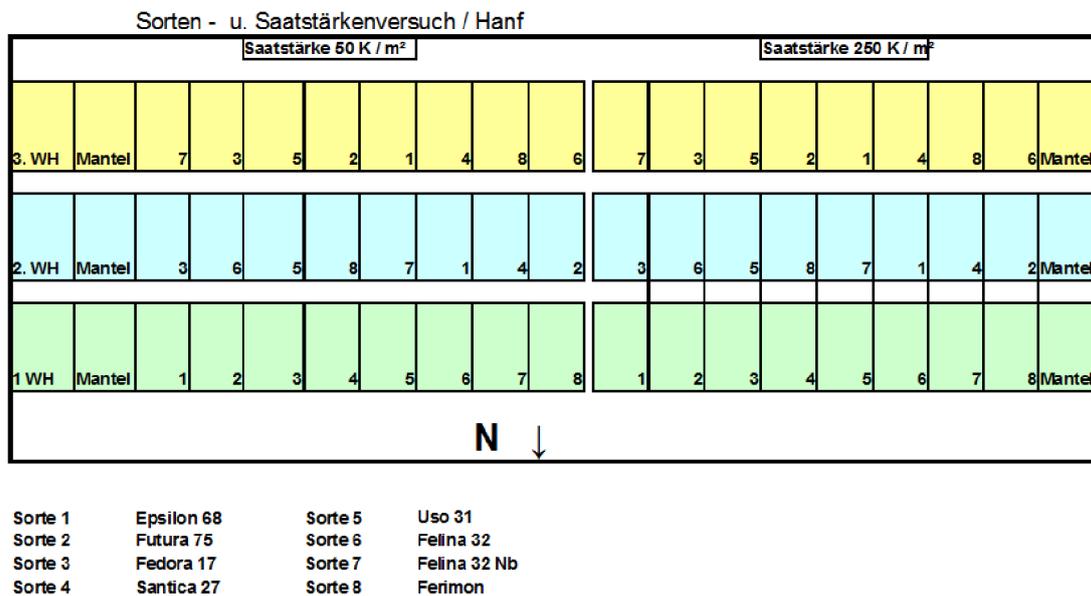


Abbildung B.1.: Versuchsplan Groß Enzersdorf 2011

Groß Enzersdorf 2012

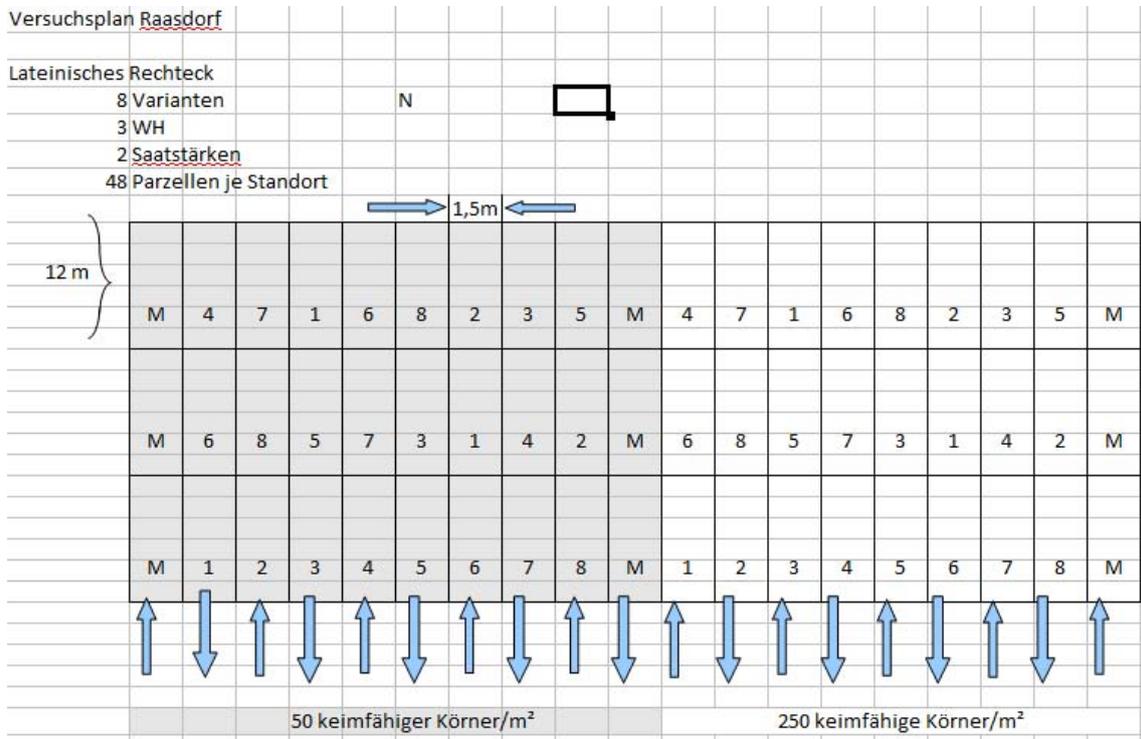


Abbildung B.2.: Versuchsplan Groß Enzersdorf 2012

Groß Enzersdorf 2013

Pläne der Versuche

Ausset: 17.04.2013

Raasdorf

M	29	30	28	25	21	22	26	24	27	23	M	Sortenversuch 250 Kö/ m ²
M	24	26	27	29	30	28	23	22	25	21	M	
M	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	M	
M	13	14	12	9	5	6	10	8	11	7	M	Sortenversuch 50 Kö/ m ²
M	8	10	11	13	14	12	7	6	9	5	M	
M	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	M	Sorten: 5 21 Redora 17 6 22 USO 31 7 23 ReLine 8 24 Reimon 9 25 Futura 10 26 Santic 11 27 Epsilon 12 28 Dora 13 29 Tisza 14 30 Tiborszélesi
↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	

Abbildung B.3.: Versuchsplan Groß Enzersdorf 2013

B.2. Hanfthal in den Jahren 2011 bis 2013

Hanfthal Einzelkornsaat 2011

KG Hanfthal 13018 Grundstücksnr.: 765 und 766 Einzelkornsaat									
M	1	2	3	4	5	6	7	8	M
M	1	2	3	4	5	6	7	8	M
M	1	2	3	4	5	6	7	8	M
Thayweg									
Sorte M Felina 32 NB 1 Felina 32 NB 2 Santhica 27 3 Epsilon 68 4 Ferimon					Sorte 5 Felina 32 6 Futura 75 7 Fedora 17 8 USO 31 M Felina 32 NB				

Abbildung B.4.: Versuchsplan Hanfthal Einzelkornsaat 2011

Hanfthal Drillsaat 2011

KG Hanfthal 13018 Grundstücksnr.: 776 und 777 Drillsaat									
M	1	2	3	4	5	6	7	8	M
M	1	2	3	4	5	6	7	8	M
M	1	2	3	4	5	6	7	8	M
Thayaweg									
Sorte M Felina 32 NB 1 Felina 32 NB 2 Epsilon 68 3 Felina 32 4 Futura 75					Sorte 5 Ferimon 6 Santica 27 7 USO 31 8 Fedora 17 M Felina 32 NB				

Abbildung B.5.: Versuchsplan Hanfthal Drillsaat 2011

Hanfthal 2012

Versuchsplan Hanfthal

Lateinisches Rechteck

8 Varianten

4 WH

2 Saatstärken

64 Parzellen je Standort

N

Sorten:

1 Epsilon 68

2 Fedora 17

3 Felina 32

4 Ferimon

5 Finola

6 Futura 75

7 Santica 27

8 Uso 31

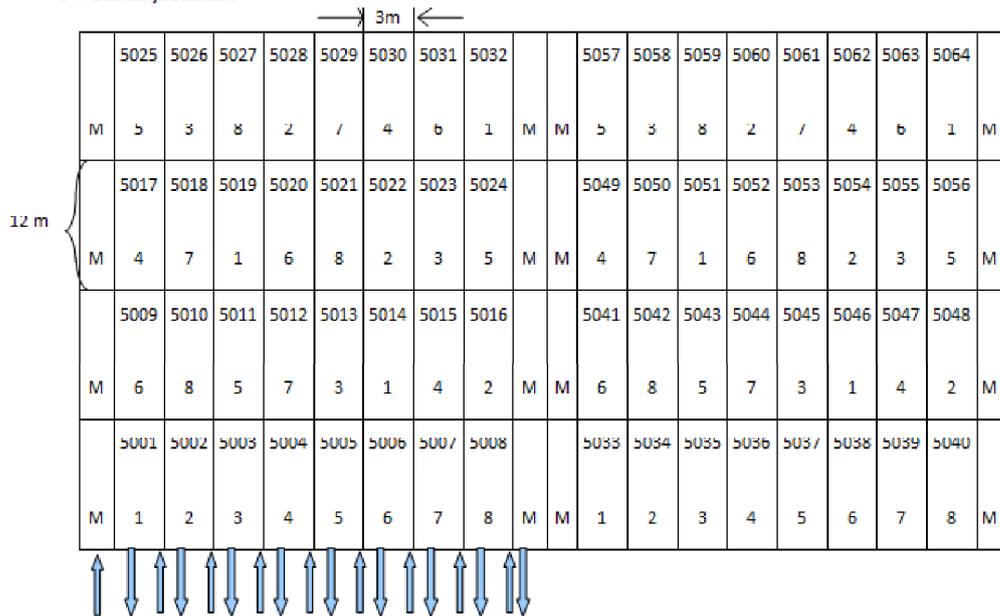


Abbildung B.6.: Versuchsplan Hanfthal 2012

B. Versuchspläne

Hanfthal 2013

Pläne der Versuche

Aussaat: 17.04.2013

Sortenversuch 50 Kö/m²

Sortenversuch 250 Kö/m²

M	13	7	9	10	14	12	5	8	11	6	M	29	23	25	26	30	28	21	24	27	22	M
M	12	8	5	11	6	9	10	14	7	13	M	28	24	21	27	22	25	26	30	23	29	M
M	11	14	12	10	13	5	7	9	6	8	M	27	30	28	26	29	21	23	25	22	24	M
M	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	M	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	M

↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑ ↑↓ ↓↑ ↓↑ ↓↑ ↓↑ ↓↑ ↓↑ ↓↑ ↓↑ ↓↑ ↓↑ ↓↑ ↓

- | | | | |
|---|--------------|----|------------------|
| 5 | 21 Fedora 17 | 10 | 26 Santica |
| 6 | 22 USO 31 | 11 | 27 Epsilon |
| 7 | 23 Felina | 12 | 28 Dora |
| 8 | 24 Ferimon | 13 | 29 Tisza |
| 9 | 25 Futura | 14 | 30 Tiborszallasi |

Abbildung B.7.: Versuchsplan Hanfthal 2013a

B. Versuchspläne

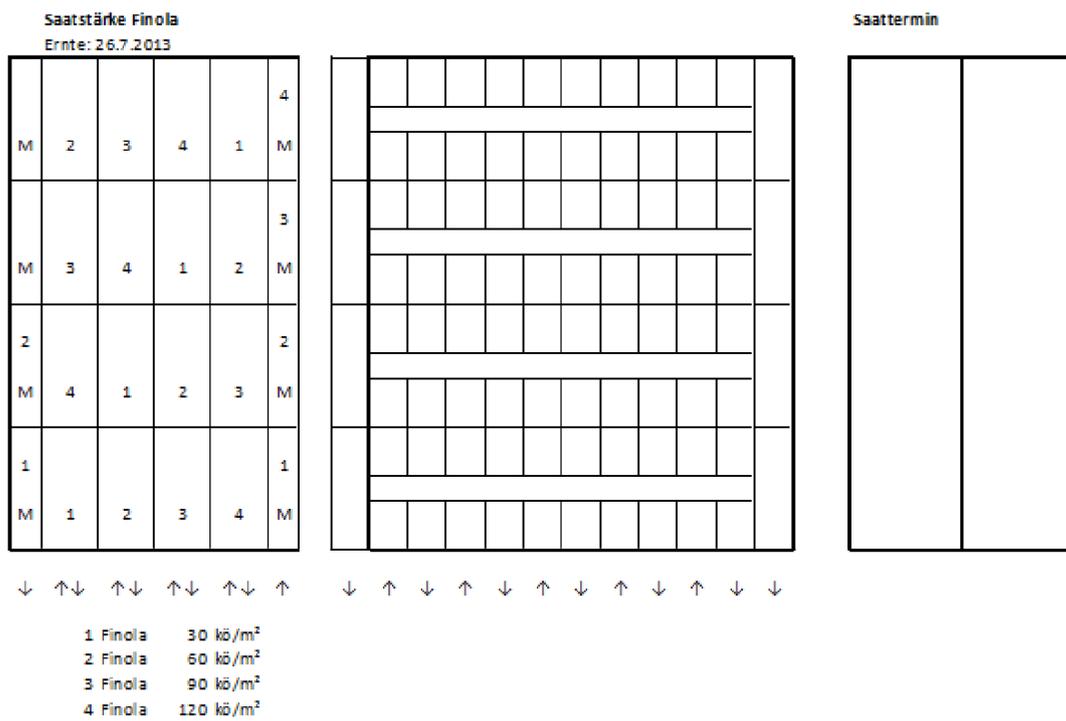


Abbildung B.8.: Versuchsplan Hanfthal 2013b

C. Statistische Auswertung

C.1. statistische Tests – Korn-, Faser- und Schäbenerträge beider Standorte 2011 & 2013

t-Test – Kornertrag zwischen den Standorten 2011 (2. Erntetermin)

```
t.test(d11Ter2$Korn d11Ter2$Standort)
Welch Two Sample t-test
data: d11Ter2$Korn by d11Ter2$Standort
t = -0.2927, df = 17.475, p-value = 0.7732
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-2.867731 2.167731
sample estimates:
mean in group GE mean in group HT
9.242857 9.592857
```

t-Test – Faserertrag zwischen den Standorten 2011

```
> t.test(data11$Faser data11$Standort)

Welch Two Sample t-test
data: data11$Faser by data11$Standort
t = 1.7547, df = 30.916, p-value = 0.08921
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.04350368 0.57921797
sample estimates:
mean in group GE mean in group HT
2.714286 2.446429
```

t-Test – Kornenertrag zwischen den Standorten 2013

```
> t.test(data13$Korn data13$Standort)
```

t-Test – Faserertrag zwischen den Standorten 2013

```
> t.test(data13$Faser data13$Standort)
```

t-Test – Schäbenertrag zwischen den Standorten 2013

```
> t.test(data13$Schaeben data13$Standort)
```

C.2. ANOVA & TukeyHSD 2011

Kornertrag 2011

Test auf Normalverteilung und Varianzhomogenität

```
> shapiro.test(data11$Korn)
```

Shapiro-Wilk normality test

data: data11\$Korn

W = 0.9777, p-value = **0.2616**

```
> levene.test(d11Ter2$Korn,d11Ter2$Sorte)
```

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

Df F value Pr(>F)

group 6 0.4539 **0.8373**

35

Typ – 3 – Anova

```
> Anova(lm(Korn ~ Sorte * SST * Standort, data=data11, contrasts=list  
(SST=contr.sum, Sorte=contr.sum, Standort=contr.sum), type=3))
```

Anova Table (Type III tests)

Response: Korn

Sum Sq Df F value Pr(>F)

Sorte 45.76 6 0.6012 0.7279

SST 125.05 2 4.9283 0.0114 *

Standort 0

Sorte:SST 109.83 12 0.7214 0.7233

Sorte:Standort 0

SST:Standort 0

Sorte:SST:Standort 0

Residuals 596.29 47

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Modelloptimierung nach AIC Korn 2011

```
> step.model11 = stepAIC(lm(Korn ~ SST * Sorte * Standort, data=data11))
```

Start: AIC=189.64

Korn ~ SST * Sorte * Standort

Step: AIC=189.64

Korn ~ SST + Sorte + Standort + SST:Sorte + SST:Standort + Sorte:Standort

Step: AIC=189.64

Korn ~ SST + Sorte + Standort + SST:Sorte + SST:Standort

Step: AIC=189.64

Korn ~ SST + Sorte + Standort + SST:Sorte

Step: AIC=189.64

Korn ~ SST + Sorte + SST:Sorte

	Df	Sum of Sq	RSS	AIC
--	----	-----------	-----	-----

- SST:Sorte	12	109.83	706.11	177.14
-------------	----	--------	--------	--------

<none>		596.29	189.64	
--------	--	--------	--------	--

Step: AIC=177.14

Korn ~ SST + Sorte

	Df	Sum of Sq	RSS	AIC
--	----	-----------	-----	-----

- Sorte	6	45.764	751.88	169.41
---------	---	--------	--------	--------

<none>		706.11	177.14	
--------	--	--------	--------	--

- SST 2 125.049 831.16 184.23

Step: AIC=169.41

Korn SST

Df Sum of Sq RSS AIC

<none> 751.88 169.41

- SST 2 125.33 877.21 175.89

ANOVA + PostHoc (Korn 2011) > summary(ehanf11<-aov(Korn SST,
data=data11))%ANOVA

Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)

SST 2 125.3 62.67 5.418 0.00667 **

Residuals 65 751.9 11.57

Signif. codes: 0 *** 0.001 ** 0.01 * 0.05 . 0.1 1

multibler Mittelwertvergleich nach Tukey

> TukeyHSD(ehanf11, SSST", ordered=TRUE)

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

factor levels have been ordered

Fit: aov(formula = Korn SST, data = data11)

\$SST

diff lwr upr p adj

100-250 1.733862 -1.5431994 5.010924 0.4176525

50-250 5.657143 1.2966900 10.017596 0.0076801

50-100 3.923280 0.6462186 7.200342 0.0150229

Kornertrag 2012

Test auf Normalverteilung und Varianzhomogenität

> shapiro.test(data12\$Korn)

Shapiro-Wilk normality test

data: data12\$Korn

W = 0.9629, p-value = 0.1406

> levene.test(data12\$Korn, data12\$Sorte)

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)

```
Df F value Pr(>F)
group 7 0.2136 0.9802
39
```

Typ – 3 – Anova

```
> Anova(lm(Korn ~ SST * Sorte, data=data12, contrasts=list(SST=contr.sum,
Sorte=contr.sum), type=3))
```

Anova Table (Type III tests)

Response: Korn

```
Sum Sq Df F value Pr(>F)
SST 244.271 1 27.3012 1.126e-05 ***
Sorte 70.747 7 1.1296 0.3704
SST:Sorte 62.432 7 0.9968 0.4520
Residuals 277.365 31
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Modelloptimierung nach AIC Korn 2012

```
> step.model12 = stepAIC(lm(Korn ~ SST * Sorte, data=data12))
```

Start: AIC=115.43

Korn ~ SST * Sorte

```
Df Sum of Sq RSS AIC
- SST:Sorte 7 62.432 339.80 110.97
<none> 277.37 115.43
```

Step: AIC=110.98

Korn ~ SST + Sorte

```
Df Sum of Sq RSS AIC
- Sorte 7 70.747 410.54 105.86
<none> 339.80 110.97
- SST 1 244.271 584.07 134.43
```

Step: AIC=105.86

Korn ~ SST

```
Df Sum of Sq RSS AIC
<none> 410.54 105.86
- SST 1 235.58 646.12 125.18
```

```
t-Test Korn 2012 > t.test(Korn ~ SST, data=data12)
Welch Two Sample t-test
data: Korn by SST
t = -5.0954, df = 44.693, p-value = 6.792e-06
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-6.249249 -2.707997
sample estimates:
mean in group 50 mean in group 250
7.713043 12.191667
```

Kornertrag 2013

Test auf Normalverteilung und Varianzhomogenität

```
shapiro.test(data13$Korn)
Shapiro-Wilk normality test
data: data13$Korn
W = 0.9296, p-value = 2.252e-06
> levene.test(log13_Korn,data13$Sorte)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
Df F value Pr(>F)
group 9 1.7201 0.09074 .
128
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Kornertrag 2013

```
> kruskal.test(Korn ~ Sorte, data=data13)
Kruskal-Wallis rank sum test
data: Korn by Sorte Kruskal-Wallis chi-squared = 12.6873, df = 9, p-value
= 0.1773
> wilcox.test(Korn ~ SST, data=data13)
Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: Korn by SST W = 3703.5, p-value = 1.752e-08 alternative hypothesis:
true location shift is not equal to 0
> wilcox.test(Korn ~ Standort, data=data13)
```

Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: Korn by Standort $W = 2090.5$, $p\text{-value} = 0.2566$ alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

Anova – Faserertrag zwischen den Sorten Einzelkornsaat Hanfthal 2011

Analysis of Variance Table

Response: Faser

Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)

Sorte 6 16.3595 2.72659 17.933 2.245e-09 ***

Residuals 35 5.3217 0.15205

Signif. codes: 0 „***“ 0.001 „**“ 0.01 „*“ 0.05 „.“ 0.1 „ “ 1

TukeyHSD – Faserertrag zwischen den Sorten Einzelkornsaat Hanfthal 2011

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

factor levels have been ordered — F11EK – Sorte

Sorte	diff	lwr	upr	p adj
Felina 32-Ferimon	0.1166667	-0.58706841	0.8204017	0.9984045
Uso 31-Ferimon	1.0500000	0.34626492	1.7537351	0.0008007
Santica 27-Ferimon	1.1833333	0.47959825	1.8870684	0.0001397
Fedora 17-Ferimon	1.3833333	0.67959825	2.0870684	0.0000098
Futura 75-Ferimon	1.5000000	0.79626492	2.2037351	0.0000021
Epsilon 68-Ferimon	1.7166667	1.01293159	2.4204017	0.0000001
Uso 31-Felina 32	0.9333333	0.22959825	1.6370684	0.0035179
Santica 27-Felina 32	1.0666667	0.36293159	1.7704017	0.0006453
Fedora 17-Felina 32	1.2666667	0.56293159	1.9704017	0.0000462
Futura 75-Felina 32	1.3833333	0.67959825	2.0870684	0.0000098
Epsilon 68-Felina 32	1.6000000	0.89626492	2.3037351	0.0000006
Santica 27-Uso 31	0.1333333	-0.57040175	0.8370684	0.9966510
Fedora 17-Uso 31	0.3333333	-0.37040175	1.0370684	0.7539781
Futura 75-Uso 31	0.4500000	-0.25373508	1.1537351	0.4333328
Epsilon 68-Uso 31	0.6666667	-0.03706841	1.3704017	0.0730546
Fedora 17-Santica 27	0.2000000	-0.50373508	0.9037351	0.9719898
Futura 75-Santica 27	0.3166667	-0.38706841	1.0204017	0.7946195
Epsilon 68-Santica 27	0.5333333	-0.17040175	1.2370684	0.2418075
Futura 75-Fedora 17	0.1166667	-0.58706841	0.8204017	0.9984045
Epsilon 68-Fedora 17	0.3333333	-0.37040175	1.0370684	0.7539781
Epsilon 68-Futura 75	0.2166667	-0.48706841	0.9204017	0.9587587

Tabelle C.1.: Tukey HSD Faserertrag Hanfthal 2011 Einzelkornsaat

Schäbenertrag 2011

```
> kruskal.test(Schaeben ~ Sorte, data=data11)
Kruskal-Wallis rank sum test
data: Schaeben by Sorte Kruskal-Wallis chi-squared = 23.5037, df = 6, p-
value = 0.0006442
> kruskal.test(Schaeben ~ SST, data=data11)
Kruskal-Wallis rank sum test
data: Schaeben by SST Kruskal-Wallis chi-squared = 1.2054, df = 2, p-value
= 0.5473
> wilcox.test(Schaeben ~ Standort, data=data11)
Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: Schaeben by Standort W = 466.5, p-value = 0.2769 alternative hypo-
thesis: true location shift is not equal to 0
```

Anova – Faserertrag zwischen den Sorten Drillsaat Hanfthal 2011

Analysis of Variance Table

Response: Faser

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
----	--------	---------	---------	--------

Sorte	6	3.7943	0.63238	2.7074	0.1093
-------	---	--------	---------	--------	--------

Residuals	7	1.6350	0.23357		
-----------	---	--------	---------	--	--

Signif. codes: 0 „***“ 0.001 „**“ 0.01 „*“ 0.05 „.“ 0.1 „ “ 1

TukeyHSD – Faserertrag zwischen den Sorten Drillsaat Hanfthal 2011

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

factor levels have been ordered — F11HDS – Sorte

Sorte	diff	lwr	upr	p adj
Fedora 17-Futura 75	0.35	-1.565695	2.265695	0.9860482
Ferimon-Futura 75	0.50	-1.415695	2.415695	0.9294140
Santica 27-Futura 75	0.65	-1.265695	2.565695	0.8136511
Uso 31-Futura 75	0.80	-1.115695	2.715695	0.6594374
Epsilon 68-Futura 75	0.85	-1.065695	2.765695	0.6056636
Felina 32-Futura 75	1.80	-0.115695	3.715695	0.0662841
Ferimon-Fedora 17	0.15	-1.765695	2.065695	0.9998624
Santica 27-Fedora 17	0.30	-1.615695	2.215695	0.9936055
Uso 31-Fedora 17	0.45	-1.465695	2.365695	0.9548680
Epsilon 68-Fedora 17	0.50	-1.415695	2.415695	0.9294140
Felina 32-Fedora 17	1.45	-0.465695	3.365695	0.1578353
Santica 27-Ferimon	0.15	-1.765695	2.065695	0.9998624
Uso 31-Ferimon	0.30	-1.615695	2.215695	0.9936055
Epsilon 68-Ferimon	0.35	-1.565695	2.265695	0.9860482
Felina 32-Ferimon	1.30	-0.615695	3.215695	0.2280754
Uso 31-Santica 27	0.15	-1.765695	2.065695	0.9998624
Epsilon 68-Santica 27	0.20	-1.715695	2.115695	0.9992903
Felina 32-Santica 27	1.15	-0.765695	3.065695	0.3253238
Epsilon 68-Uso 31	0.05	-1.865695	1.965695	0.9999998
Felina 32-Uso 31	1.00	-0.915695	2.915695	0.4527937
Felina 32-Epsilon 68	0.95	-0.965695	2.865695	0.5015300

Tabelle C.2.: Tukey HSD Faserertrag Hanfthal 2011 Drillsaat

Anova – Faserertrag zwischen den Sorten, Saatstärke 50 Körner/m2 Groß Enzersdorf 2012

Analysis of Variance Table

Response: Faser

Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)

Sorte 6 15.884 2.6473 2.3603 0.08705 .

Residuals 14 15.702 1.1216

Signif. codes: 0 „***“ 0.001 „**“ 0.01 „*“ 0.05 „.“ 0.1 „ “ 1

TukeyHSD – Faserertrag zwischen den Sorten, Saatstärke 50 Körner/m2 Groß Enzersdorf 2012

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

factor levels have been ordered — F1250- Sorte

Sorte	diff	lwr	upr	p adj
Uso 31-Felina 32	0.256944444	-2.6957051	3.209594	0.9999204
Fedora 17-Felina 32	0.875000000	-2.0776495	3.827650	0.9428223
Epsilon 68-Felina 32	0.880555555	-2.0720940	3.833205	0.9411968
Futura 75-Felina 32	1.659722222	-1.2929273	4.612372	0.4998431
Ferimon-Felina 32	1.716666667	-1.2359829	4.669316	0.4632966
Santica 27-Felina 32	2.713888889	-0.2387606	5.666538	0.0812229
Fedora 17-Uso 31	0.618055555	-2.3345940	3.570705	0.9893082
Epsilon 68-Uso 31	0.623611111	-2.3290384	3.576261	0.9888049
Futura 75-Uso 31	1.402777778	-1.5498718	4.355427	0.6719322
Ferimon-Uso 31	1.459722222	-1.4929273	4.412372	0.6336990
Santica 27-Uso 31	2.456944444	-0.4957051	5.409594	0.1342933
Epsilon 68-Fedora 17	0.005555556	-2.9470940	2.958205	1.0000000
Futura 75-Fedora 17	0.784722222	-2.1679273	3.737372	0.9652455
Ferimon-Fedora 17	0.841666667	-2.1109829	3.794316	0.9519668
Santica 27-Fedora 17	1.838888889	-1.1137606	4.791538	0.3891982
Futura 75-Epsilon 68	0.779166667	-2.1734829	3.731816	0.9663887
Ferimon-Epsilon 68	0.836111111	-2.1165384	3.788761	0.9533906
Santica 27-Epsilon 68	1.833333333	-1.1193162	4.785983	0.3924183
Ferimon-Futura 75	0.056944445	-2.8957051	3.009594	1.0000000
Santica 27-Futura 75	1.054166667	-1.8984829	4.006816	0.8755205
Santica 27-Ferimon	0.997222222	-1.9554273	3.949872	0.9002229

Tabelle C.3.: Tukey HSD Faserertrag Groß Enzersdorf 2012 – Saatstärke 50 Körner/ m2

Anova – Schäbenertrag zwischen den Sorten, Saatstärke 50 Körner/m2 Groß Enzersdorf 2012

Analysis of Variance Table

Response: Schaeben

Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)

Sorte 6 25.280 4.2133 0.8491 0.5536

Residuals 14 69.467 4.9619

Signif. codes: 0 „***“ 0.001 „**“ 0.01 „*“ 0.05 „.“ 0.1 „ “ 1

TukeyHSD – Schäbenertrag zwischen den Sorten, Saatstärke 50 Körner/m2 Groß Enzersdorf 2012

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

factor levels have been ordered — S1250 – Sorte

Sorte	diff	lwr	upr	p adj
Fedora 17-Usso 31	1.80000000	-4.410359	8.010359	0.9482186
Futura 75-Usso 31	2.36666667	-3.843692	8.577025	0.8406395
Epsilon 68-Usso 31	2.50000000	-3.710359	8.710359	0.8060705
Santica 27-Usso 31	2.96666667	-3.243692	9.177025	0.6667978
Ferimon-Usso 31	3.03333333	-3.177025	9.243692	0.6455336
Felina 32-Usso 31	3.66666667	-2.543692	9.877025	0.4466184
Futura 75-Fedora 17	0.56666667	-5.643692	6.777025	0.9998950
Epsilon 68-Fedora 17	0.70000000	-5.510359	6.910359	0.9996436
Santica 27-Fedora 17	1.16666667	-5.043692	7.377025	0.9939261
Ferimon-Fedora 17	1.23333333	-4.977025	7.443692	0.9918622
Felina 32-Fedora 17	1.86666667	-4.343692	8.077025	0.9391276
Epsilon 68-Futura 75	0.13333333	-6.077025	6.343692	1.0000000
Santica 27-Futura 75	0.60000000	-5.610359	6.810359	0.9998536
Ferimon-Futura 75	0.66666667	-5.543692	6.877025	0.9997308
Felina 32-Futura 75	1.30000000	-4.910359	7.510359	0.9893068
Santica 27-Epsilon 68	0.46666667	-5.743692	6.677025	0.9999663
Ferimon-Epsilon 68	0.53333333	-5.677025	6.743692	0.9999263
Felina 32-Epsilon 68	1.16666667	-5.043692	7.377025	0.9939261
Ferimon-Santica 27	0.06666667	-6.143692	6.277025	1.0000000
Felina 32-Santica 27	0.70000000	-5.510359	6.910359	0.9996436
Felina 32-Ferimon	0.63333333	-5.577025	6.843692	0.9997998

Tabelle C.4.: Tukey HSD Schäbenertrag Groß Enzersdorf 2012 – Saatstärke 50 Körner/ m2

Anova – Faserertrag zwischen den Sorten, Saatstärke 250 Körner/m2 Groß Enzersdorf 2012

Analysis of Variance Table

Response: Faser

Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)

Sorte 6 16.1852 2.69753 5.7102 0.003471 **

Residuals 14 6.6137 0.47241

Signif. codes: 0 „***“ 0.001 „**“ 0.01 „*“ 0.05 „.“ 0.1 „ “ 1

TukeyHSD – Faserertrag zwischen den Sorten, Saatstärke 250 Körner/m2 Groß Enzersdorf 2012

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

factor levels have been ordered — F12250 – Sorte

Sorte	diff	lwr	upr	p adj
Fedora 17-Us0 31	1.3763889	-0.53985520	3.292633	0.2474316
Epsilon 68-Us0 31	1.5527778	-0.36346631	3.469022	0.1516730
Ferimon-Us0 31	1.7444444	-0.17179965	3.660689	0.0855449
Felina 32-Us0 31	1.9416667	0.02542258	3.857911	0.0461201
Santica 27-Us0 31	2.4125000	0.49625591	4.328744	0.0100671
Futura 75-Us0 31	3.0472222	1.13097813	4.963466	0.0013332
Epsilon 68-Fedora 17	0.1763889	-1.73985520	2.092633	0.9998895
Ferimon-Fedora 17	0.3680556	-1.54818853	2.284300	0.9931705
Felina 32-Fedora 17	0.5652778	-1.35096631	2.481522	0.9439719
Santica 27-Fedora 17	1.0361111	-0.88013298	2.952355	0.5415303
Futura 75-Fedora 17	1.6708333	-0.24541076	3.587077	0.1070182
Ferimon-Epsilon 68	0.1916667	-1.72457742	2.107911	0.9998210
Felina 32-Epsilon 68	0.3888889	-1.52735520	2.305133	0.9908895
Santica 27-Epsilon 68	0.8597222	-1.05652187	2.775966	0.7231521
Futura 75-Epsilon 68	1.4944444	-0.42179965	3.410689	0.1791631
Felina 32-Ferimon	0.1972222	-1.71902187	2.113466	0.9997888
Santica 27-Ferimon	0.6680556	-1.24818853	2.584300	0.8866446
Futura 75-Ferimon	1.3027778	-0.61346631	3.219022	0.2991927
Santica 27-Felina 32	0.4708333	-1.44541076	2.387077	0.9761258
Futura 75-Felina 32	1.1055556	-0.81068853	3.021800	0.4716492
Futura 75-Santica 27	0.6347222	-1.28152187	2.550966	0.9078686

Tabelle C.5.: Tukey HSD Faserertrag Groß Enzersdorf 2012 – Saatstärke 250 Körner/ m2

Anova – Schäbenertrag zwischen den Sorten, Saatstärke 250 Körner/m2 Groß Enzersdorf 2012

```
> anova(lm(Schaeben ~ Sorte, data=data12_250)) Analysis of Variance
Table
Response: Schaeben
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Sorte 6 22.165 3.6941 1.0116 0.4564
Residuals 14 51.127 3.6519
Signif. codes: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘.’ 1
```

TukeyHSD – Schäbenertrag zwischen den Sorten, Saatstärke 250 Körner/m2 Groß Enzersdorf 2012

Tukey multiple comparisons of means
 95% family-wise confidence level
 factor levels have been ordered — S12250 – Sorte

Sorte	diff	lwr	upr	p adj
Fedora 17-Uso 31	0.7000000	-4.627853	6.027853	0.9991473
Epsilon 68-Uso 31	1.0333333	-4.294519	6.361186	0.9928115
Ferimon-Uso 31	1.1666667	-4.161186	6.494519	0.9865371
Santica 27-Uso 31	1.3666667	-3.961186	6.694519	0.9706191
Felina 32-Uso 31	2.6333333	-2.694519	7.961186	0.6339364
Futura 75-Uso 31	3.2000000	-2.127853	8.527853	0.4280796
Epsilon 68-Fedora 17	0.3333333	-4.994519	5.661186	0.9999886
Ferimon-Fedora 17	0.4666667	-4.861186	5.794519	0.9999173
Santica 27-Fedora 17	0.6666667	-4.661186	5.994519	0.9993530
Felina 32-Fedora 17	1.9333333	-3.394519	7.261186	0.8674431
Futura 75-Fedora 17	2.5000000	-2.827853	7.827853	0.6834315
Ferimon-Epsilon 68	0.1333333	-5.194519	5.461186	1.0000000
Santica 27-Epsilon 68	0.3333333	-4.994519	5.661186	0.9999886
Felina 32-Epsilon 68	1.6000000	-3.727853	6.927853	0.9393630
Futura 75-Epsilon 68	2.1666667	-3.161186	7.494519	0.7991126
Santica 27-Ferimon	0.2000000	-5.127853	5.527853	0.9999995
Felina 32-Ferimon	1.4666667	-3.861186	6.794519	0.9590557
Futura 75-Ferimon	2.0333333	-3.294519	7.361186	0.8397795
Felina 32-Santica 27	1.2666667	-4.061186	6.594519	0.9796830
Futura 75-Santica 27	1.8333333	-3.494519	7.161186	0.8924033
Futura 75-Felina 32	0.5666667	-4.761186	5.894519	0.9997447

Tabelle C.6.: Tukey HSD Schäbenertrag Groß Enzersdorf 2012 – Saatstärke 250 Körner/ m2

Faserertrag 2013

```
> kruskal.test(Faser ~ Sorte, data=data13)
Kruskal-Wallis rank sum test
data: Faser by Sorte Kruskal-Wallis chi-squared = 19.7855, df = 9, p-value
= 0.01928
> wilcox.test(Faser ~ SST, data=data13)
Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: Faser by SST W = 1869.5, p-value = 0.2146 alternative hypothesis:
true location shift is not equal to 0
> wilcox.test(Faser ~ Standort, data=data13)
Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: Faser by Standort W = 1866.5, p-value = 0.2096 alternative hypothe-
sis: true location shift is not equal to 0
```

Schäbenertrag 2013

```
> kruskal.test(Schaeben ~ Sorte, data=data13)
Kruskal-Wallis rank sum test
data: Schaeben by Sorte Kruskal-Wallis chi-squared = 41.419, df = 9, p-
value = 4.196e-06
> wilcox.test(Schaeben ~ SST, data=data13)
Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: Schaeben by SST W = 2704.5, p-value = 0.01563 alternative hypo-
thesis: true location shift is not equal to 0
> wilcox.test(Schaeben ~ Standort, data=data13)
Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: Schaeben by Standort W = 2414.5, p-value = 0.2731 alternative hy-
pothesis: true location shift is not equal to 0
```

C.3. Korrelationen der Erträge – 2011

Korrelation – Kornenertrag und Faserertrag, Einzelkornsaat Hanfthal 2011

```
cor.test(data11_EK$Korn,data11_EK$Faser)
Pearson's product-moment correlation
```

data: data11_EK\$Korn and data11_EK\$Faser
t = 1.1307, df = 38, p-value = 0.2653
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.1389092 0.4657420
sample estimates:
cor
0.1804066

Korrelation – Kornertag und Faserertrag, Drillsaat Hanfthal 2011

cor.test(data11_HDS\$Korn,data11_HDS\$Faser)
Pearson's product-moment correlation
data: data11_HDS\$Korn and data11_HDS\$Faser
t = 3.5519, df = 12, p-value = 0.003983
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
0.2988285 0.9033497
sample estimates:
cor
0.7159004

Korrelation – Kornertag und Faserertrag, Saatstärke 50 Körner Groß Enzersdorf 2011

cor.test(data11_50\$Korn,data11_50\$Faser)
Pearson's product-moment correlation
data: data11_50\$Korn and data11_50\$Faser
t = -0.2995, df = 5, p-value = 0.7766
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.8052987 0.6892138
sample estimates:
cor
-0.1327374

Korrelation – Kornenertrag und Faserertrag, Saatstärke 250 Körner Groß Enzersdorf 2011

```
cor.test(data11_250$Korn,data11_250$Faser)
```

Pearson's product-moment correlation

data: data11_250\$Korn and data11_250\$Faser

t = -0.1797, df = 5, p-value = 0.8645

alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0

95 percent confidence interval:

-0.7857552 0.7161640

sample estimates:

cor

-0.08008491

Korrelation – Kornenertrag und Schäbenertrag, Einzelkornsaat Hanfthal 2011

```
cor.test(data11_EK$Korn,data11_EK$Schaeben)
```

Pearson's product-moment correlation

data: data11_EK\$Korn and data11_EK\$Schaeben

t = 1.6381, df = 38, p-value = 0.1097

alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0

95 percent confidence interval:

-0.05944102 0.52623292

sample estimates:

cor

0.2568238

Korrelation – Kornenertrag und Schäbenertrag, Drillsaat Hanfthal 2011

```
cor.test(data11_HDS$Korn,data11_HDS$Schaeben)
```

Pearson's product-moment correlation

data: data11_HDS\$Korn and data11_HDS\$Schaeben

t = 2.8431, df = 12, p-value = 0.01481

alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0

95 percent confidence interval:

0.1565221 0.8716055

sample estimates:

cor

0.6344151

Korrelation – Kornertag und Schäbenertrag, Saatstärke 50 Körner Groß Enzersdorf 2011

cor.test(data11_50\$Korn,data11_50\$Schaeben)

Pearson's product-moment correlation

data: data11_50\$Korn and data11_50\$Schaeben

t = 0.6276, df = 5, p-value = 0.5578

alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0

95 percent confidence interval:

-0.6061764 0.8502653

sample estimates:

cor

0.2702446

Korrelation – Kornertag und Schäbenertrag, Saatstärke 250 Körner Groß Enzersdorf 2011

cor.test(data11_250\$Korn,data11_250\$Schaeben)

Pearson's product-moment correlation

data: data11_250\$Korn and data11_250\$Schaeben

t = 1.298, df = 5, p-value = 0.2509

alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0

95 percent confidence interval:

-0.4036260 0.9107647

sample estimates:

cor

0.5020243

Korrelation – Faserertrag und Schäbenertrag, Einzelkornsaat Hanfthal 2011

cor.test(data11_EK\$Faser,data11_EK\$Schaeben)

Pearson's product-moment correlation

data: data11_EK\$Faser and data11_EK\$Schaeben

t = 14.703, df = 40, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
0.8527797 0.9557162
sample estimates:
cor
0.9186177

Korrelation – Faserertrag und Schäbenertrag, Drillsaat Hanfthal 2011

```
cor.test(data11_HDS$Faser,data11_HDS$Schaeben)  
Pearson's product-moment correlation  
data: data11_HDS$Faser and data11_HDS$Schaeben  
t = 8.5521, df = 12, p-value = 1.886e-06  
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0  
95 percent confidence interval:  
0.7797077 0.9769821  
sample estimates:  
cor  
0.9268516
```

Korrelation – Faserertrag und Schäbenertrag, Saatstärke 50 Körner Groß Enzersdorf 2011

```
cor.test(data11_50$Faser,data11_50$Schaeben)  
Pearson's product-moment correlation  
data: data11_50$Faser and data11_50$Schaeben  
t = 2.5764, df = 5, p-value = 0.04965  
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0  
95 percent confidence interval:  
0.005018832 0.961468239  
sample estimates:  
cor  
0.7552226
```

Korrelation – Faserertrag und Schäbenertrag, Saatstärke 250 Körner Groß Enzersdorf 2011

```
cor.test(data11_250$Faser,data11_250$Schaeben)
Pearson's product-moment correlation
data: data11_250$Faser and data11_250$Schaeben
t = 1.9888, df = 5, p-value = 0.1034
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.1771063 0.9447994
sample estimates:
cor
0.6645889
```

C.4. Erklärbarkeit des linearen Modelles (Korrelation der Erträge) – 2011

Korrelation – Kornenertrag und Faserertrag, Drillsaat Hanfthal 2011

```
> summary(lm(data11_HDS$Korn data11_HDS$Faser))
Call: lm(formula = data11_HDS$Korn data11_HDS$Faser)
Residuals:
Min 1Q Median 3Q Max
-2.4576 -1.5679 -0.1281 1.3189 2.8894
Coefficients:
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 2.8107 1.9765 1.422 0.18047
data11_HDS$Faser 2.8234 0.7949 3.552 0.00398 **
Signif. codes: 0 *** 0.001 ** 0.01 * 0.05 . 0.1 1
Residual standard error: 1.852 on 12 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.5125, Adjusted R-squared: 0.4719
F-statistic: 12.62 on 1 and 12 DF, p-value: 0.003983
```

Korrelation – Kornenertrag und Schäbenertrag, Drillsaat Hanfthal 2011

```
> summary(lm(data11_HDS$Korn data11_HDS$Schaeben))
```

```
Call: lm(formula = data11_HDS$Korn ~ data11_HDS$Schaeben)
Residuals:
Min 1Q Median 3Q Max
-3.3971 -1.3022 0.2487 1.0728 3.2041
Coefficients:
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 3.1095 2.3502 1.323 0.2105
data11_HDS$Schaeben 0.9985 0.3512 2.843 0.0148 *
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 2.051 on 12 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.4025, Adjusted R-squared: 0.3527
F-statistic: 8.083 on 1 and 12 DF, p-value: 0.01481
```

Korrelation – Faserertrag und Schäbenertrag, Einzelkornsaat Hanfthal 2011

```
> summary(lm(data11_EK$Faser ~ data11_EK$Schaeben))
Call: lm(formula = data11_EK$Faser ~ data11_EK$Schaeben)
Residuals:
Min 1Q Median 3Q Max
-0.54566 -0.16321 -0.06343 0.10137 0.83723
Coefficients:
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 0.005769 0.172820 0.033 0.974
data11_EK$Schaeben 0.364033 0.024759 14.703 <2e-16 ***
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.2909 on 40 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.8439, Adjusted R-squared: 0.84
F-statistic: 216.2 on 1 and 40 DF, p-value: < 2.2e-16
```

Korrelation – Faserertrag und Schäbenertrag, Drillsaat Hanfthal 2011

```
> summary(lm(data11_HDS$Faser ~ data11_HDS$Schaeben))
Call: lm(formula = data11_HDS$Faser ~ data11_HDS$Schaeben)
Residuals:
Min 1Q Median 3Q Max
```

-0.54428 -0.06848 0.01604 0.15470 0.40368

Coefficients:

Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)

(Intercept) 0.0002158 0.2894210 0.001 0.999

data11_HDS\$Schaeben 0.3698900 0.0432512 8.552 1.89e-06 ***

Signif. codes: 0 *** 0.001 ** 0.01 * 0.05 . 0.1 1

Residual standard error: 0.2525 on 12 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.8591, Adjusted R-squared: 0.8473

F-statistic: 73.14 on 1 and 12 DF, p-value: 1.886e-06

Korrelation – Faserertrag und Schäbenenertrag, Saatstärke 50, Groß Enzersdorf 2011

```
> summary(lm(data11_50$Faser data11_50$Schaeben))
```

```
Call: lm(formula = data11_50$Faser data11_50$Schaeben)
```

Residuals:

1 2 3 4 5 6 7

-0.19177 -0.16451 0.14160 0.09459 0.09307 0.43396 -0.40693

Coefficients:

Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)

(Intercept) 0.3901 0.8268 0.472 0.6569

data11_50\$Schaeben 0.2879 0.1117 2.576 0.0497 *

Signif. codes: 0 *** 0.001 ** 0.01 * 0.05 . 0.1 1

Residual standard error: 0.3018 on 5 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.5704, Adjusted R-squared: 0.4844

F-statistic: 6.638 on 1 and 5 DF, p-value: 0.04965

C.5. Korrelationen der Erträge – 2012 (Auswertung nur von Raasdorf)

Korrelation – Kornenertrag und Faserertrag, niedere Saatstärke, Raasdorf 2012

```
cor.test(data12_50$Korn,data12_50$Faser)
```

Pearson's product-moment correlation

data: data12_50\$Korn and data12_50\$Faser

t = -0.7503, df = 19, p-value = 0.4623

alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.5602922 0.2827578
sample estimates:
cor
-0.1696352

Korrelation – Kornерtrag und Faserertrag, hohe Saatstärke, Raasdorf 2012

cor.test(data12__250\$Korn,data12__250\$Faser)
Pearson's product-moment correlation
data: data12__250\$Korn and data12__250\$Faser
t = 0.4439, df = 19, p-value = 0.6621
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.3454824 0.5106667
sample estimates:
cor
0.1013145

Korrelation – Kornерtrag und Schäbenertrag, niedere Saatstärke, Raasdorf 2012

cor.test(data12__50\$Korn,data12__50\$Schaeben)
Pearson's product-moment correlation
data: data12__50\$Korn and data12__50\$Schaeben
t = -1.0632, df = 19, p-value = 0.301
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.6065970 0.2169149
sample estimates:
cor
-0.2369607

Korrelation – Kornерtrag und Schäbenertrag, hohe Saatstärke, Raasdorf 2012

cor.test(data12__250\$Korn,data12__250\$Schaeben)

Pearson's product-moment correlation
data: data12_250\$Korn and data12_250\$Schaeben
t = 2.7969, df = 19, p-value = 0.0115
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
0.1412956 0.7880189
sample estimates:
cor
0.5400423

Korrelation – Faserertrag und Schäbenertrag, niedere Saatstärke, Raasdorf 2012

cor.test(data12_50\$Faser,data12_50\$Schaeben)
Pearson's product-moment correlation
data: data12_50\$Faser and data12_50\$Schaeben
t = 1.8707, df = 19, p-value = 0.07687
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.04496391 0.70588871
sample estimates:
cor
0.3943779

Korrelation – Faserertrag und Schäbenertrag, hohe Saatstärke, Raasdorf 2012

cor.test(data12_250\$Faser,data12_250\$Schaeben)
Pearson's product-moment correlation
data: data12_250\$Faser and data12_250\$Schaeben
t = 3.5903, df = 19, p-value = 0.001951
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
0.2812862 0.8375813
sample estimates:
cor
0.6357727

C.6. Erklärbarkeit des linearen Modelles (Korrelation der Erträge) – 2012

Korrelation – Kornenertrag und Faserertrag, niedrige Saatstärke, Raasdorf 2012

```
summary(lm(data12_50$Korn ~ data12_50$Faser))
```

```
Call: lm(formula = data12_50$Korn ~ data12_50$Faser)
```

```
Residuals:
```

```
Min 1Q Median 3Q Max
```

```
-3.3898 -2.1605 -0.6809 1.5412 7.8355
```

```
Coefficients:
```

```
Estimate Std. Error t value Pr(>t)
```

```
(Intercept) 9.0500 1.8847 4.802 0.000124 ***
```

```
data12_50$Faser -0.3895 0.5191 -0.750 0.462267
```

```
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '1'
```

```
Residual standard error: 2.917 on 19 degrees of freedom
```

```
(3 observations deleted due to missingness)
```

```
Multiple R-squared: 0.02878, Adjusted R-squared: -0.02234
```

```
F-statistic: 0.5629 on 1 and 19 DF, p-value: 0.4623
```

Korrelation – Kornenertrag und Faserertrag, niedrige Saatstärke, Raasdorf 2012

```
summary(lm(data12_250$Korn ~ data12_250$Faser))
```

```
Call: lm(formula = data12_250$Korn ~ data12_250$Faser)
```

```
Residuals:
```

```
Min 1Q Median 3Q Max
```

```
-5.7759 -1.7760 -0.5159 2.0900 5.1662
```

```
Coefficients:
```

```
Estimate Std. Error t value Pr(>t)
```

```
(Intercept) 11.4317 2.9120 3.926 0.000908 ***
```

```
data12_250$Faser 0.2822 0.6358 0.444 0.662126
```

```
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '1'
```

```
Residual standard error: 3.036 on 19 degrees of freedom
```

```
(3 observations deleted due to missingness)
```

```
Multiple R-squared: 0.01026, Adjusted R-squared: -0.04183
```

F-statistic: 0.1971 on 1 and 19 DF, p-value: 0.6621

Korrelation – Kornertag und Schäbenertrag, niedrige Saatstärke, Raasdorf 2012

summary(lm(data12_50\$Korn ~ data12_50\$Schaeben))

Call: lm(formula = data12_50\$Korn ~ data12_50\$Schaeben)

Residuals:

Min 1Q Median 3Q Max

-3.5122 -1.7499 -0.4604 1.1365 7.7590

Coefficients:

Estimate Std. Error t value Pr(>t)

(Intercept) 9.7714 2.0299 4.814 0.000121 ***

data12_50\$Schaeben -0.3141 0.2955 -1.063 0.301033

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '1'

Residual standard error: 2.876 on 19 degrees of freedom

(3 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.05615, Adjusted R-squared: 0.006474

F-statistic: 1.13 on 1 and 19 DF, p-value: 0.301

Korrelation – Kornertag und Schäbenertrag, hohe Saatstärke, Raasdorf 2012

summary(lm(data12_250\$Korn ~ data12_250\$Schaeben))

Call: lm(formula = data12_250\$Korn ~ data12_250\$Schaeben)

Residuals:

Min 1Q Median 3Q Max

-4.6476 -1.7729 -0.2936 0.5799 4.8455

Coefficients:

Estimate Std. Error t value Pr(>t)

(Intercept) 7.2004 2.0414 3.527 0.00225 **

data12_250\$Schaeben 0.8391 0.3000 2.797 0.01150 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '1'

Residual standard error: 2.568 on 19 degrees of freedom

(3 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.2916, Adjusted R-squared: 0.2544

F-statistic: 7.823 on 1 and 19 DF, p-value: 0.0115

Korrelation – Faserertrag und Schäbenenertrag, niedrige Saatstärke, Raasdorf 2012

```
summary(lm(data12_50$Faser data12_50$Schaeben))
```

```
Call: lm(formula = data12_50$Faser data12_50$Schaeben)
```

```
Residuals:
```

```
Min 1Q Median 3Q Max
```

```
-3.2713 -0.3502 0.0358 0.5986 2.2982
```

```
Coefficients:
```

```
Estimate Std. Error t value Pr(>t)
```

```
(Intercept) 1.9296 0.8362 2.307 0.0325 *
```

```
data12_50$Schaeben 0.2277 0.1217 1.871 0.0769 .
```

```
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 1.185 on 19 degrees of freedom
```

```
(3 observations deleted due to missingness)
```

```
Multiple R-squared: 0.1555, Adjusted R-squared: 0.1111
```

```
F-statistic: 3.499 on 1 and 19 DF, p-value: 0.07687
```

Korrelation – Faserertrag und Schäbenenertrag, hohe Saatstärke, Raasdorf 2012

```
summary(lm(data12_250$Faser data12_250$Schaeben))
```

```
Call: lm(formula = data12_250$Faser data12_250$Schaeben)
```

```
Residuals:
```

```
Min 1Q Median 3Q Max
```

```
-2.1825 -0.4394 0.2584 0.4339 1.3560
```

```
Coefficients:
```

```
Estimate Std. Error t value Pr(>t)
```

```
(Intercept) 2.13966 0.67203 3.184 0.00489 **
```

```
data12_250$Schaeben 0.35459 0.09876 3.590 0.00195 **
```

```
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 0.8455 on 19 degrees of freedom
```

```
(3 observations deleted due to missingness)
```

```
Multiple R-squared: 0.4042, Adjusted R-squared: 0.3728
```

```
F-statistic: 12.89 on 1 and 19 DF, p-value: 0.001951
```

C.7. Korrelationen der Erträge – 2013

Korrelation – Kornерtrag und Faserertrag, niedere Saatstärke, Hanfthal 2013

```
cor.test(data13H50$Korn,data13H50$Faser)
```

Pearsons product-moment correlation

data: data13H50\$Korn and data13H50\$Faser

t = 2.3035, df = 28, p-value = 0.02889

alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0

95 percent confidence interval:

0.04539548 0.66393456

sample estimates:

cor

0.399137

Korrelation – Kornерtrag und Faserertrag, hohe Saatstärke, Hanfthal 2013

```
cor.test(data13H250$Korn,data13H250$Faser)
```

Pearsons product-moment correlation

data: data13H250\$Korn and data13H250\$Faser

t = 1.3912, df = 36, p-value = 0.1727

alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0

95 percent confidence interval:

-0.1011152 0.5088130

sample estimates:

cor

0.2258694

Korrelation – Kornерtrag und Faserertrag, niedere Saatstärke, Raasdorf 2013

```
cor.test(data13G50$Korn,data13G50$Faser)
```

Pearsons product-moment correlation

data: data13G50\$Korn and data13G50\$Faser

t = -0.3451, df = 29, p-value = 0.7325

alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0

95 percent confidence interval:

-0.4090232 0.2971213

sample estimates:

cor

-0.06395182

Korrelation – Kornерtrag und Faserertrag, hohe Saatstärke, Raasdorf 2013

cor.test(data13G250\$Korn,data13G250\$Faser)

Pearsons product-moment correlation

data: data13G250\$Korn and data13G250\$Faser

t = -0.969, df = 28, p-value = 0.3408

alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0

95 percent confidence interval:

-0.5074682 0.1926391

sample estimates:

cor

-0.1801316

Korrelation – Kornерtrag und Schäbenertrag, niedere Saatstärke, Hanfthal 2013

cor.test(data13H50\$Korn,data13H50\$Schaeben)

Pearsons product-moment correlation

data: data13H50\$Korn and data13H50\$Schaeben

t = 1.9098, df = 28, p-value = 0.06645

alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0

95 percent confidence interval:

-0.02367913 0.62349765

sample estimates:

cor

0.3394862

Korrelation – Kornерtrag und Schäbenertrag, hohe Saatstärke, Hanfthal 2013

cor.test(data13H250\$Korn,data13H250\$Schaeben)

Pearsons product-moment correlation

data: data13H250\$Korn and data13H250\$Schaeben

t = 5.0865, df = 36, p-value = 1.153e-05
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
0.4121774 0.8007934
sample estimates:
cor
0.6466536

Korrelation – Kornertag und Schäbenertrag, niedere Saatstärke, Raasdorf 2013

cor.test(data13G50\$Korn,data13G50\$Schaeben)

Pearsons product-moment correlation
data: data13G50\$Korn and data13G50\$Schaeben
t = 0.5523, df = 30, p-value = 0.5849
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.2573778 0.4338374
sample estimates:
cor
0.1003194

Korrelation – Kornertag und Schäbenertrag, hohe Saatstärke, Raasdorf 2013

cor.test(data13G250\$Korn,data13G250\$Schaeben)

Pearsons product-moment correlation
data: data13G250\$Korn and data13G250\$Schaeben
t = -2.8349, df = 28, p-value = 0.008415
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.7114665 -0.1349290
sample estimates:
cor
-0.4722421

Korrelation – Faserertrag und Schäbenenertrag, niedere Saatstärke, Hanfthal 2013

cor.test(data13H50\$Faser,data13H50\$Schaeben)

Pearsons product-moment correlation

data: data13H50\$Faser and data13H50\$Schaeben

t = 1.4863, df = 29, p-value = 0.148

alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0

95 percent confidence interval:

-0.09747951 0.56694331

sample estimates:

cor

0.2660502

Korrelation – Faserertrag und Schäbenenertrag, hohe Saatstärke, Hanfthal 2013

cor.test(data13H250\$Faser,data13H250\$Schaeben)

Pearsons product-moment correlation

data: data13H250\$Faser and data13H250\$Schaeben

t = 1.0295, df = 36, p-value = 0.3101

alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0

95 percent confidence interval:

-0.159171 0.463730

sample estimates:

cor

0.1691178

Korrelation – Faserertrag und Schäbenenertrag, niedere Saatstärke, Raasdorf 2013

cor.test(data13G50\$Faser,data13G50\$Schaeben)

Pearsons product-moment correlation

data: data13G50\$Faser and data13G50\$Schaeben

t = 1.2066, df = 29, p-value = 0.2373

alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0

95 percent confidence interval:

-0.1471024 0.5317768

sample estimates:

cor
0.2186338

Korrelation – Faserertrag und Schäbenenertrag, hohe Saatstärke, Raasdorf 2013

cor.test(data13G250\$Faser,data13G250\$Schaeben)

Pearsons product-moment correlation
data: data13G250\$Faser and data13G250\$Schaeben
t = 3.0873, df = 29, p-value = 0.004418
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
0.1736135 0.7240885
sample estimates:
cor
0.4973571

C.8. Erklärbarkeit des linearen Modells (Korrelation der Erträge) – 2013

Korrelation – Kornenertrag und Faserertrag, niedrige Saatstärke, Hanfthal 2013

summary(lm(data13H50\$Korn data13H50\$Faser))

Call: lm(formula = data13H50\$Korn data13H50\$Faser)

Residuals:

Min 1Q Median 3Q Max
-4.3070 -2.6696 -0.2321 1.4024 8.2679

Coefficients:

Estimate Std. Error t value Pr(>t)
(Intercept) 6.0198 1.4995 4.014 0.000404 ***
data13H50\$Faser 1.3749 0.5969 2.303 0.028889 *

Signif. codes: 0 *** 0.001 ** 0.01 * 0.05 . 0.1 1

Residual standard error: 3.473 on 28 degrees of freedom
(10 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.1593, Adjusted R-squared: 0.1293

F-statistic: 5.306 on 1 and 28 DF, p-value: 0.02889

Korrelation – Kornenertrag und Faserertrag, hohe Saatstärke, Hanfthal 2013

summary(lm(data13H250\$Korn ~ data13H250\$Faser))

Call: lm(formula = data13H250\$Korn ~ data13H250\$Faser)

Residuals:

Min 1Q Median 3Q Max

-5.237 -1.775 -0.887 1.141 7.703

Coefficients:

Estimate Std. Error t value Pr(>t)

(Intercept) 4.6281 1.5826 2.924 0.00594 **

data13H250\$Faser 0.6444 0.4632 1.391 0.17271

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '1'

Residual standard error: 3.098 on 36 degrees of freedom

(2 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.05102, Adjusted R-squared: 0.02466

F-statistic: 1.935 on 1 and 36 DF, p-value: 0.1727

Korrelation – Kornenertrag und Faserertrag, niedrige Saatstärke, Raasdorf 2013

summary(lm(data13G50\$Korn ~ data13G50\$Faser))

Call: lm(formula = data13G50\$Korn ~ data13G50\$Faser)

Residuals:

Min 1Q Median 3Q Max

-6.6098 -3.4444 -0.6577 2.3974 10.2030

Coefficients:

Estimate Std. Error t value Pr(>t)

(Intercept) 10.4997 2.1596 4.862 3.72e-05 ***

data13G50\$Faser -0.2394 0.6936 -0.345 0.733

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '1'

Residual standard error: 4.282 on 29 degrees of freedom

(1 observation deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.00409, Adjusted R-squared: -0.03025

F-statistic: 0.1191 on 1 and 29 DF, p-value: 0.7325

Korrelation – Kornenertrag und Faserertrag, hohe Saatstärke, Raasdorf 2013

summary(lm(data13G250\$Korn ~ data13G250\$Faser))

Call: lm(formula = data13G250\$Korn ~ data13G250\$Faser)

Residuals:

Min 1Q Median 3Q Max

-3.0244 -1.9469 -0.4458 1.3370 6.8863

Coefficients:

Estimate Std. Error t value Pr(>t)

(Intercept) 6.2937 1.0826 5.814 3.03e-06 ***

data13G250\$Faser -0.4214 0.4349 -0.969 0.341

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.343 on 28 degrees of freedom

(1 observation deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.03245, Adjusted R-squared: -0.002108

F-statistic: 0.939 on 1 and 28 DF, p-value: 0.3408

Korrelation – Kornenertrag und Schäbenertrag, niedrige Saatstärke, Hanfthal 2013

summary(lm(data13H50\$Korn ~ data13H50\$Schaeben))

Call: lm(formula = data13H50\$Korn ~ data13H50\$Schaeben)

Residuals:

Min 1Q Median 3Q Max

-6.0251 -3.0663 0.2811 2.2432 7.1160

Coefficients:

Estimate Std. Error t value Pr(>t)

(Intercept) 7.1401 1.2372 5.771 3.39e-06 ***

data13H50\$Schaeben 0.4649 0.2434 1.910 0.0665 .

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 3.563 on 28 degrees of freedom

(10 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.1153, Adjusted R-squared: 0.08365

F-statistic: 3.647 on 1 and 28 DF, p-value: 0.06645

Korrelation – Kornenertrag und Schäbenertrag, hohe Saatstärke, Hanfthal 2013

summary(lm(data13H250\$Korn data13H250\$Schaeben))

Call: lm(formula = data13H250\$Korn data13H250\$Schaeben)

Residuals:

Min 1Q Median 3Q Max

-5.1366 -1.5115 -0.6675 1.2101 5.4464

Coefficients:

Estimate Std. Error t value Pr(>t)

(Intercept) 0.2259 1.3352 0.169 0.867

data13H250\$Schaeben 1.3104 0.2576 5.087 1.15e-05 ***

Signif. codes: 0 *** 0.001 ** 0.01 * 0.05 . 0.1 1

Residual standard error: 2.426 on 36 degrees of freedom

(2 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.4182, Adjusted R-squared: 0.402

F-statistic: 25.87 on 1 and 36 DF, p-value: 1.153e-05

Korrelation – Kornenertrag und Schäbenertrag, niedrige Saatstärke, Raasdorf 2013

summary(lm(data13G50\$Korn data13G50\$Schaeben))

Call: lm(formula = data13G50\$Korn data13G50\$Schaeben)

Residuals:

Min 1Q Median 3Q Max

-6.1548 -3.1732 -0.9945 2.6422 10.0778

Coefficients:

Estimate Std. Error t value Pr(>t)

(Intercept) 8.3658 2.5559 3.273 0.00268 **

data13G50\$Schaeben 0.2168 0.3926 0.552 0.58486

Signif. codes: 0 *** 0.001 ** 0.01 * 0.05 . 0.1 1

Residual standard error: 4.227 on 30 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.01006, Adjusted R-squared: -0.02293

F-statistic: 0.305 on 1 and 30 DF, p-value: 0.5849

Korrelation – Kornenertrag und Schäbenertrag, hohe Saatstärke, Raasdorf 2013

summary(lm(data13G250\$Korn data13G250\$Schaeben))

Call: lm(formula = data13G250\$Korn ~ data13G250\$Schaeben)

Residuals:

Min 1Q Median 3Q Max

-3.0719 -1.4433 -0.2505 1.2710 6.6852

Coefficients:

Estimate Std. Error t value Pr(>t)

(Intercept) 7.5433 0.8697 8.673 2.02e-09 ***

data13G250\$Schaeben -0.5714 0.2016 -2.835 0.00842 **

Signif. codes: 0 *** 0.001 ** 0.01 * 0.05 . 0.1 1

Residual standard error: 2.099 on 28 degrees of freedom

(1 observation deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.223, Adjusted R-squared: 0.1953

F-statistic: 8.037 on 1 and 28 DF, p-value: 0.008415

Korrelation – Faserertrag und Schäbenenertrag, niedrige Saatstärke, Hanfthal 2013

summary(lm(data13H50\$Faser ~ data13H50\$Schaeben))

Call: lm(formula = data13H50\$Faser ~ data13H50\$Schaeben)

Residuals:

Min 1Q Median 3Q Max

-1.4830 -0.8018 -0.2607 0.6509 2.8947

Coefficients:

Estimate Std. Error t value Pr(>t)

(Intercept) 1.79438 0.36253 4.950 2.92e-05 ***

data13H50\$Schaeben 0.10396 0.06995 1.486 0.148

Signif. codes: 0 *** 0.001 ** 0.01 * 0.05 . 0.1 1

Residual standard error: 1.048 on 29 degrees of freedom

(9 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.07078, Adjusted R-squared: 0.03874

F-statistic: 2.209 on 1 and 29 DF, p-value: 0.148

Korrelation – Faserertrag und Schäbenenertrag, hohe Saatstärke, Hanfthal 2013

summary(lm(data13H250\$Faser ~ data13H250\$Schaeben))

Call: lm(formula = data13H250\$Faser ~ data13H250\$Schaeben)

Residuals:

Min 1Q Median 3Q Max

-1.88930 -0.36814 0.04492 0.46887 2.74645

Coefficients:

Estimate Std. Error t value Pr(>t)

(Intercept) 2.6446 0.6047 4.374 1e-04 ***

data13H250\$Schaeben 0.1201 0.1167 1.030 0.31

Signif. codes: 0 *** 0.001 ** 0.01 * 0.05 . 0.1 1

Residual standard error: 1.099 on 36 degrees of freedom

(2 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.0286, Adjusted R-squared: 0.001618

F-statistic: 1.06 on 1 and 36 DF, p-value: 0.3101

Korrelation – Faserertrag und Schäbenenertrag, niedrige Saatstärke, Raasdorf 2013

summary(lm(data13G50\$Faser data13G50\$Schaeben))

Call: lm(formula = data13G50\$Faser data13G50\$Schaeben)

Residuals:

Min 1Q Median 3Q Max

-2.1535 -0.6478 -0.0894 0.2585 2.8471

Coefficients:

Estimate Std. Error t value Pr(>t)

(Intercept) 2.1235 0.6819 3.114 0.00413 **

data13G50\$Schaeben 0.1258 0.1042 1.207 0.23735

Signif. codes: 0 *** 0.001 ** 0.01 * 0.05 . 0.1 1

Residual standard error: 1.119 on 29 degrees of freedom

(1 observation deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.0478, Adjusted R-squared: 0.01497

F-statistic: 1.456 on 1 and 29 DF, p-value: 0.2373

Korrelation – Faserertrag und Schäbenenertrag, hohe Saatstärke, Raasdorf 2013

summary(lm(data13G250\$Faser data13G250\$Schaeben))

Call: lm(formula = data13G250\$Faser data13G250\$Schaeben)

Residuals:

```
Min 1Q Median 3Q Max
-1.5875 -0.5212 -0.1912 0.3672 2.4695
Coefficients:
Estimate Std. Error t value Pr(>t)
(Intercept) 1.28965 0.35871 3.595 0.00119 **
data13G250$Schaeben 0.25387 0.08223 3.087 0.00442 **
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.8678 on 29 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.2474, Adjusted R-squared: 0.2214
F-statistic: 9.531 on 1 and 29 DF, p-value: 0.004418
```

mehrfährige Kornergebnisse Groß Enzersdorf

Test auf Normalverteilung und Varianzhomogenität — alle Jahre – Groß Enzersdorf

```
> shapiro.test(datG$Korn)
Shapiro-Wilk normality test
data: datG$Korn W = 0.9556, p-value = 0.0004792
> levene.test(datG$sq_Korn,datG$Sorte)Levene's Test for Homogeneity of
Variance (center = median) Df F value Pr(>F) group 10 1.0622 0.3974 112
```

Statistik — alle Jahre – beide Standorte

```
> kruskal.test(Korn ~ Sorte, data=data)
Kruskal-Wallis rank sum test
data: Korn by Sorte Kruskal-Wallis chi-squared = 12.8597, df = 10, p-value
= 0.2316
> kruskal.test(Korn ~ SST, data=data)
Kruskal-Wallis rank sum test
data: Korn by SST Kruskal-Wallis chi-squared = 12.2998, df = 2, p-value
= 0.002134
> boxplot(Korn ~ SST, data=data) > > wilcox.test(Korn ~ Standort, da-
ta=data)
Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: Korn by Standort W = 8420, p-value = 0.4656 alternative hypothesis:
true location shift is not equal to 0
```

```
> kruskal.test(Korn ~ Jahr, data=data)
Kruskal-Wallis rank sum test
data: Korn by Jahr Kruskal-Wallis chi-squared = 11.4357, df = 2, p-value
= 0.003287
```

Korrelationen des Kornertrages mit der Wuchshöhe

```
cor.test(data$Hoehe,data$Korn)
Pearson's product-moment correlation
data: data$Hoehe and data$Korn
t = 2.2231, df = 201, p-value = 0.02732
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
0.01757915 0.28651159
sample estimates:
cor
0.154914
```

Korrelationen des Kornertrages mit der Bestandesdichte

```
cor.test(data$Anzahl,data$Korn)
Pearson's product-moment correlation
data: data$Anzahl and data$Korn
t = -4.2238, df = 243, p-value = 3.399e-05
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.3745754 -0.1408103
sample estimates:
cor
-0.2615238
```

Korrelationen des Kornertrages mit der Bündelmasse

```
cor.test(data$Buendel,data$Korn)
Pearson's product-moment correlation
data: data$Buendel and data$Korn
t = 12.5378, df = 261, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
0.5315615 0.6833770
```

sample estimates:

cor

0.6130985

mehrfährige Stroherträge

Test auf Normalverteilung und Varianzhomogenität

```
> shapiro.test(data$Stroh)
```

Shapiro-Wilk normality test

data: data\$Stroh

W = 0.9824, p-value = 0.004628

Statistik Faser und Stroh — alle Jahre, beide Standorte

```
> kruskal.test(Faser ~ Sorte, data=data)
```

Kruskal-Wallis rank sum test

data: Faser by Sorte Kruskal-Wallis chi-squared = 33.9881, df = 9, p-value = 8.975e-05

```
> kruskal.test(Faser ~ SST, data=data)
```

Kruskal-Wallis rank sum test

data: Faser by SST Kruskal-Wallis chi-squared = 12.5996, df = 2, p-value = 0.001837

```
> wilcox.test(Faser ~ Standort, data=data)
```

Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: Faser by Standort W = 8711.5, p-value = 0.01466 alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

```
> kruskal.test(Faser ~ Jahr, data=data)
```

Kruskal-Wallis rank sum test

data: Faser by Jahr Kruskal-Wallis chi-squared = 36.9285, df = 2, p-value = 9.574e-09

```
> kruskal.test(Schaeben ~ Sorte, data=data)
```

Kruskal-Wallis rank sum test

data: Schaeben by Sorte Kruskal-Wallis chi-squared = 31.1686, df = 9, p-value = 0.0002769

```
> kruskal.test(Schaeben ~ SST, data=data)
```

Kruskal-Wallis rank sum test

data: Schaeben by SST Kruskal-Wallis chi-squared = 18.257, df = 2, p-value = 0.0001085

```
> wilcox.test(Schaeben Standort, data=data)
```

Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: Schaeben by Standort W = 7944.5, p-value = 0.358 alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

```
> kruskal.test(Schaeben Jahr, data=data)
```

Kruskal-Wallis rank sum test

data: Schaeben by Jahr Kruskal-Wallis chi-squared = 41.4916, df = 2, p-value = 9.777e-10

Korrelationen der Stroherträge

Kornertrag – Strohertrag

```
Call: lm(formula = data$Stroh ~ data$Korn)
```

Coefficients:

(Intercept) data\$Korn

3.1365 0.1146

```
> summary(kornstroh)
```

```
Call: lm(formula = data$Stroh ~ data$Korn)
```

Residuals:

Min 1Q Median 3Q Max

-3.2053 -0.8398 -0.0171 0.6879 3.1937

Coefficients:

Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)

(Intercept) 3.1365 0.1946 16.122 < 2e-16 ***

data\$Korn 0.1146 0.0212 5.404 1.6e-07 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.254 on 234 degrees of freedom

(25 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.111, Adjusted R-squared: 0.1072

F-statistic: 29.21 on 1 and 234 DF, p-value: 1.6e-07

Strohertrag – Wuchshöhe

```
Call: lm(formula = data$Stroh ~ data$Hoehe)
```

Coefficients:

```
(Intercept) data$Hoehe  
1.63390 0.00925
```

```
> summary(strohwuchs)  
Call: lm(formula = data$Stroh ~ data$Hoehe)  
Residuals:  
Min 1Q Median 3Q Max  
-2.7539 -0.6370 0.0536 0.7161 3.4911  
Coefficients:  
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)  
(Intercept) 1.633904 0.380573 4.293 2.79e-05 ***  
data$Hoehe 0.009250 0.001546 5.984 1.05e-08 ***  
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
Residual standard error: 1.066 on 192 degrees of freedom  
(67 observations deleted due to missingness)  
Multiple R-squared: 0.1572, Adjusted R-squared: 0.1528  
F-statistic: 35.81 on 1 and 192 DF, p-value: 1.05e-08
```

Strohertrag – Bestandesdichte

```
Call: lm(formula = data$Stroh ~ data$Anzahl)  
Coefficients:  
(Intercept) data$Anzahl  
4.428457 -0.003991
```

```
> summary(strohbestand)  
Call: lm(formula = data$Stroh ~ data$Anzahl)  
Residuals:  
Min 1Q Median 3Q Max  
-2.8296 -0.7283 -0.0733 0.6201 3.7669  
Coefficients:  
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)  
(Intercept) 4.428457 0.151673 29.197 <2e-16 ***  
data$Anzahl -0.003991 0.001594 -2.504 0.013 *  
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
Residual standard error: 1.297 on 233 degrees of freedom
```

(26 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.02621, Adjusted R-squared: 0.02203

F-statistic: 6.271 on 1 and 233 DF, p-value: 0.01296