

Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften



**Einfluss des Standortes und der Sorte auf den
Samen- und Restpflanzenertrag (Fasern und Schäben)
bei Hanf (*Cannabis sativa* L.)**

Masterarbeit

eingereicht von

Theresa Rößler

Betreuer

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

Dipl.-Ing. Klaus Ofner, BEd.

Wien im August 2012



Danksagung

Bei allen, die mich bei der Erstellung meiner Masterarbeit unterstützt haben, bedanke ich mich sehr herzlich.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Herrn Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Peter Liebhard für die hervorragende Betreuung und wertvolle Unterstützung während der Durchführung und Erstellung meiner Arbeit.

Mein Dank gilt auch Herrn Dipl.-Ing. Klaus Ofner für seine tatkräftige Unterstützung und seinen Rat bei der Durchführung der praktischen Erhebungsarbeiten sowie seiner Hilfe bei der Auswertung der Ergebnisse.

Weiters bedanke ich mich bei Herrn Ing. Johannes Kemetter und allen Mitarbeitern der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien in Groß Enzersdorf für ihre Hilfe während der Durchführung des Feldversuches.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Günther Schmid und seinem Team des Hanfentwicklungszentrums der Dorfgemeinschaft Hanfthal für die Unterstützung.

Für die wertvollen Freundschaften, die während meiner Studienzeit entstanden sind, bin ich sehr dankbar.

Ich möchte mich auch bei meinem Freund, der mir immer zur Seite gestanden ist, bedanken.

Ein besonderer Dank gebührt meinen Eltern und meiner Schwester, die immer für mich da waren und mich auf meinem Weg begleitet haben. Ich bin ihnen unendlich dankbar.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
1.1. Problemstellung	6
1.2. Zielsetzung	6
2. Ausgewählte Literatur	7
2.1. Abstammung und Verbreitung	7
2.2. Botanische Besonderheiten	10
2.2.1. Systematik und geografische Formkreise	10
2.2.2. Botanische Beschreibung	12
2.3. Wachstums- und Entwicklungsverlauf	16
2.4. Produktion	21
2.5. Ernte und Erntetechnik	30
2.6. Verwertung und Qualitätsparameter	31
3. Material und Methoden	35
3.1. Material	35
3.1.1. Standortbeschreibung Hanfthal	35
3.1.2. Standortbeschreibung Groß Enzersdorf	38
3.1.3. Sortenbeschreibung	41
3.2. Methoden	44
3.2.1. Keimfähigkeitsprüfung	44
3.2.2. Kulturführungsdaten Standort Hanfthal	46
3.2.3. Kulturführungsdaten Standort Groß Enzersdorf	47
3.2.4. Versuchsanlage Standort Hanfthal	47
3.2.5. Versuchsanlage Standort Groß Enzersdorf	49
3.2.6. Datenerfassung	49
3.2.7. Ernte	51
3.2.7.1. Erntedurchführung Standort Hanfthal	51
3.2.7.2. Erntedurchführung Standort Groß Enzersdorf	52
3.2.8. Verarbeitung und Qualität	54
3.2.8.1. Ölertrag	54
3.2.9. Mathematisch statistische Verrechnung der Daten	55
4. Ergebnisse	56
4.1. Keimfähigkeit	56
4.2. Feldaufgang	58
4.2.1. Feldaufgang Standort Hanfthal	58
4.2.2. Feldaufgang Standort Groß Enzersdorf	59
4.3. Wachstums- und Entwicklungsverlauf	61
4.3.1. Beschreibung des Wachstums- und Entwicklungsverlaufes	61
4.3.2. Wachstums- und Entwicklungsverlauf Standort Hanfthal	64
4.3.3. Wachstums- und Entwicklungsverlauf Standort Groß Enzersdorf	66
4.4. Ernte und Ertrag	71
4.4.1. Samenertrag Standort Hanfthal	71

4.4.1.1. Samenertrag	71
4.4.1.2 Einflüsse auf die Ertragsbildung der Hanfsamen	72
4.4.2. Samenertrag Standort Groß Enzersdorf.....	75
4.4.2.1. Samenertrag	75
4.4.2.2. Einflüsse auf die Ertragsbildung der Hanfsamen	76
4.4.3. Restpflanzenertrag Standort Hanfthal	77
4.4.3.1 Faserertrag.....	77
4.4.3.2. Einflüsse auf die Ertragsbildung der Hanffasern	78
4.4.3.3. Schäbenertrag.....	81
4.4.3.4 Einfluss auf die Ertragsbildung der Hanfschäben.....	82
4.4.4. Restpflanzenertrag Standort Groß Enzersdorf	84
4.4.4.1. Faserertrag.....	84
4.4.4.2. Einflüsse auf die Ertragsbildung der Hanffasern	85
4.4.4.3. Schäbenertrag.....	86
4.4.4.4. Einfluss auf die Ertragsbildung der Hanfschäben.....	87
4.5 Ölertrag	87
5. Diskussion	89
5.1. Einfluss der Saattechnik auf den Wachstums- und Entwicklungsverlauf.....	89
5.2. Einfluss des Standortes und der Sorte auf den Samenertrag.....	91
5.3. Einfluss des Standortes und der Sorte auf Faser- und Schäbenertrag	94
6. Zusammenfassung	97
7. Abstract	99
8. Abbildungsverzeichnis	100
9. Tabellenverzeichnis.....	103
10. Literaturverzeichnis.....	105
11. Anhang	111
11.1. Ertragsdaten der in Hanfthal 2011 untersuchten Hanfsorten.....	111
11.2. Ertragsdaten der in Groß Enzersdorf 2011 untersuchten Hanfsorten	112

1. Einleitung

Hanf (*Cannabis sativa* L.) ist eine der ältesten Kulturpflanzen der Welt und stellt eine bedeutende Faser- und Ölpflanze dar.

Durch die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten fand der Hanf weite Verbreitung und wurde hauptsächlich für die Herstellung von Textilien, Papier und Baumaterialien sowie als Arznei- und Nahrungsmittel verwendet. Der Import von billigen Naturfasern aus Übersee, die Entwicklung von synthetischen Fasern und weltweite gesetzliche Anbauverbote brachten den Hanfanbau ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts nahezu zum Erliegen (SCHÄFER, 2003). Zahlreiche Veröffentlichungen über die Produktion und Verwertung von Hanf sowie die vielfachen Nutzungsmöglichkeiten als nachwachsender Rohstoff führten dazu, dass die jahrzehntlang in Vergessenheit geratene Nutzpflanze wieder verstärkt produziert wird. Aufgrund des hohen Gehaltes an Gamma-Linolensäure im Hanföl hat der Hanf in den letzten Jahren auch in der menschlichen Ernährung wieder Bedeutung erlangt.

In Österreich wird Hanf überwiegend in Niederösterreich angebaut.

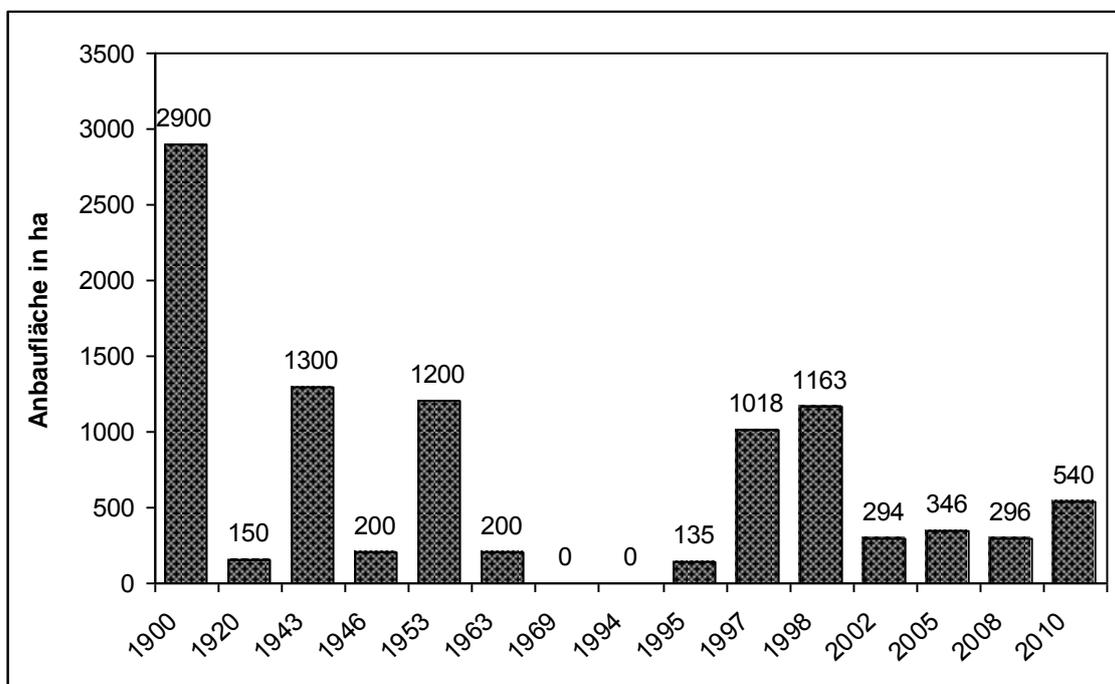


Abb. 1: Entwicklung der Anbaufläche von Hanf in Österreich (ROSCHER, 2000; BMLFUW, 2011)

1.1. Problemstellung

Zahlreiche Publikationen, die zum neuerlichen Anbau von Hanf führten, beschreiben den Hanf als pflanzenbaulich anspruchslose Pflanze, die nahezu an jedem Standort gedeiht und ein sehr hohes Ertragspotenzial aufweist.

In der Praxis zeigte sich jedoch, dass es unter ungünstigen Boden- und Witterungsverhältnissen oder bei einer nicht sorgfältig durchgeführten Aussaat zu einer ungleichmäßigen Entwicklung des Hanfbestandes und geringen Erträgen kommt.

Auch im Hinblick auf die Produktion und die Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen bestehen trotz einer Vielzahl von Literaturangaben und vorliegenden Ergebnissen über die Kulturführung und Ertragsleistung von Hanf nach wie vor offene Fragen. Auch bezüglich der Saat- und Erntetechnik sind noch Optimierungsmaßnahmen erforderlich.

1.2. Zielsetzung

In einem einjährigen Feldversuch mit acht Hanfsorten sowie unterschiedlichen Saatstärken und Saattechniken an zwei Standorten soll die Produktion von Hanf optimiert werden.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, Ergebnisse hinsichtlich des Wachstums- und Entwicklungsverlaufes sowie der Ertragsleistung der untersuchten Hanfbestände zu erarbeiten. Des Weiteren sollen Sortenunterschiede bezüglich des Samen- und Restpflanzenertrages sowie ausgewählte Qualitätskriterien untersucht werden.

2. Ausgewählte Literatur

2.1. Abstammung und Verbreitung

Hanf (*Cannabis sativa* L.) zählt zu den ältesten Kulturpflanzen der Welt. Das ursprüngliche Verbreitungsgebiet von Hanf ist Zentralasien. BÓCSA und KARUS (1997) nennen den Iran, Afghanistan, den südlichen Teil von Kasachstan und einige Teile Südsibiriens als Ursprungsgebiet des Hanfes, wo derzeit noch zahlreiche Wildformen zu finden sind.

Archäologische Funde weisen darauf hin, dass die Hanfpflanze bereits 10.000 v. Chr. in Mesopotamien und China kultiviert wurde (RUTHENBERG-WILKEN und LANGKAU, 1996). Von China ausgehend erfolgte die Verbreitung des Hanfes nach Europa in zwei Richtungen, zum einen über die russische Tiefebene nach Skandinavien, in das Baltikum und in die Gebiete des heutigen Polens und Deutschlands und zum anderen über Kleinasien in die Mittelmeerländer bzw. in die Provinz des römischen Reiches (Illyrien, Gallien, Hispanien) (BÓCSA und KARUS, 1997). In Mittel- und Nordeuropa wurde der Hanf von den Slawen eingeführt (BÓCSA und KARUS, 1997). Die ältesten Funde von Hanfsamen und Hanffäden in Europa sind ca. 5.500 Jahre alt. Im ersten Jahrhundert nach Christus brachten Arabische Händler, die entlang der ostafrikanischen Küste Niederlassungen errichtet haben, den Hanf nach Afrika (SCHÄFER, 2003). Mit den Spaniern und Portugiesen gelangte der Hanf im 14. Jahrhundert nach Südamerika, wo Hanf für die Erzeugung von Seilen und Segeltüchern eingesetzt wurde. In Nordamerika wurde der Hanf durch die Engländer und Niederländer eingeführt.

Aufgrund der Widerstandsfähigkeit und der Reißfestigkeit der Hanffaser etablierte sich der Hanf in Europa, Nordamerika und Russland im 16. Jahrhundert zu einer bedeutenden Faserpflanze, die in der Grundausstattung von Segelschiffen und der Herstellung von Bekleidung ihren Einsatz fand. Des Weiteren wurden lange Zeit Lumpen aus Flachs und Hanf für die Erzeugung von Papier verwendet (HERER, 1993). Der Hanf galt zudem zu dieser Zeit als bedeutende Arzneipflanze und lieferte nahrhafte Samen. Im 19. Jahrhundert kam der Hanfanbau aufgrund der Entwicklung

synthetischer Fasern, der Konkurrenz anderer Faserpflanzen wie Baumwolle, Sisal und Jute sowie der Billigimporte von Fasern aus Osteuropa praktisch zum Erliegen (SCHÄFER, 2003).

Während des zweiten Weltkrieges erlebte die Produktion von Hanffasern aufgrund des Autarkiebestrebens einen neuerlichen Aufschwung. Die Anbaufläche von Hanf verminderte sich in den Jahren nach dem zweiten Weltkrieg stark.

In Deutschland wurde der Anbau von Hanf infolge der Änderung des Betäubungsmittelgesetzes ab dem 1. Januar 1982 verboten. Im Jahr 1996 wurde dieses Verbot für Sorten mit einem THC-Gehalt unter 0,3%, die der Gewinnung von Fasern dienen, wieder aufgehoben und Hanf auf einer Fläche von ca. 1.400 ha angebaut. In den darauf folgenden Jahren nahm die Anbaufläche stark zu.

Aufgrund der zunehmenden Entfernung zu den Faseraufbereitungsanlagen und der Kürzung der Flächenbeihilfe wurde im Jahr 2001 in Deutschland ein starker Rückgang der Anbaufläche von Hanf verzeichnet (SCHÄFER, 2003).

In Frankreich und Osteuropa wurde anders als in Deutschland kein Anbauverbot für Hanf ausgesprochen. SCHÄFER (2003) weist darauf hin, dass die Züchtung und Weiterverarbeitung von Hanf in diesen Ländern aus diesem Grund deutlich weiter verbreitet ist als in Deutschland.

Im Jahr 1974 wurde in Frankreich eine Anbaugenossenschaft gegründet, die derzeit auf einer Fläche von ca. 5.500 ha Hanf und Flachs anbaut, die für die Herstellung von Papier verwendet werden. Die Genossenschaft verarbeitet jährlich 40.000 t Fasern (BRUNET und LALANNE, 2000).

In Ungarn, Polen und Rumänien wird Hanf hauptsächlich zur Gewinnung von Fasern für die Textilindustrie angebaut.

Der Anbau von Hanf in Österreich erfolgte überwiegend im Osten. MAYRHUBER und WINKLER-RIEDER (1997) weisen darauf hin, dass viele Ortsbezeichnungen wie beispielsweise Hanfthal bei Laa an der Thaya und Amstetten auf den Anbau und die Verarbeitung von Hanf zurückzuführen sind. Im Jahr 1880 wurde in Österreich Hanf auf einer Fläche von rund 3.000 ha angebaut. Aufgrund der zunehmenden Bedeutung von Baumwolle und fossilen Rohstoffen ist die Anbaufläche von Hanf

stark zurückgegangen, sodass der Hanfanbau in Österreich in der Zeit von 1969 bis 1995 zum Erliegen kam.

Der Hanf erlebte mit der „Wiederentdeckung“ seiner vielseitigen Nutzungsmöglichkeiten und der Förderung des Hanfanbaus eine Renaissance (MAYRHUBER und WINKLER-RIEDER, 1997). Der Anbau von Hanf im Jahr 1995 erfolgte auf einer Fläche von ca. 135 ha. Im darauf folgenden Jahr wurde Hanf bereits auf ca. 660 ha angebaut. Während 1998 rund 1.163 ha Hanf angebaut wurden, wurde im Jahr 2002 ein Rückgang auf ca. 294 ha verzeichnet. 2007 wurde Hanf in Österreich auf 449 ha kultiviert, 2009 auf 356 ha. Im darauf folgenden Jahr erhöhte sich die Anbaufläche auf 540 ha (ROSCHER, 2000; BMLFUW, 2011).

Die bedeutendsten Anbauländer von Hanf in Europa sind derzeit Frankreich, die Ukraine, Rumänien und Deutschland.

2.2. Botanische Besonderheiten

2.2.1. Systematik und geografische Formkreise

Die Hanfpflanze gehört wie der Hopfen (*Humulus* L.) zur Familie der Cannabinaceae (Hanfgewächse), zu der nur eine einzige Gattung zählt, der Hanf (*Cannabis* genus) (BÓCSA und KARUS, 1997). Die Aufteilung der Gattung *Cannabis* ist nach wie vor umstritten und wurde lange Zeit diskutiert. Nach SCHULTES et al. (1974) lassen sich drei *Cannabis*-Arten unterscheiden: *C. sativa*, *C. indica* und *C. ruderalis*. Andere Quellen wiederum vertreten die Ansicht, dass die Gattung *Cannabis* nur aus einer einzigen, aber sehr variablen Art besteht und teilen die von Linné 1753 vorgebrachte Einschätzung. Linné unterteilte die Art „*Cannabis sativa*“ in folgende Varietäten:

- *Cannabis sativa* var. *ruderalis* Janisch (Wildhanf)
- *Cannabis sativa* var. *vulgaris* (Kulturhanf)
- *Cannabis sativa* var. *indica* Lam. (Indischer Hanf)
- *Cannabis sativa* var. *indica* Lam. subvar. *Gigantea* (Riesenhanf).

Diese Varietäten weisen dieselbe Chromosomenzahl ($2n = 20$) auf und sind somit leicht und spontan kreuzbar (SCHUSTER, 1992).

SMALL und CHRONQUIST (1976) die der Ansicht sind, dass die Gattung *Cannabis* aus nur einer Art besteht, unterscheiden wiederum zwei Subspezies mit jeweils zwei Varietäten:

- *Cannabis sativa* subsp. *sativa* (var. *sativa* und var. *spontanea*)
- *Cannabis sativa* subsp. *indica* (var. *indica* und var. *kafiristanica*).

BÓCSA und KARUS (1997) unterteilen den Hanf in fünf verschiedene Formkreise, die wie folgt charakterisiert sind:

Nördlicher Formkreis

Charakteristisch für diesen Formkreis sind einhäusige Sorten, die eine Wuchshöhe von unter 1,5 m aufweisen und sehr frühreif sind. Auf Grund der Frühreife sind diese Sorten in der Landwirtschaft der nördlichen Gebiete als Öl- und Faserpflanzen von Bedeutung.

Mittelrussischer Formkreis

Dieser Formkreis hat sich in der russischen Ebene und in Polen durch die vorherrschenden Klimabedingungen zwischen dem 50. und 60. nördlichen Breitengrad (niederschlagsreicheres Klima, lange Tage, kurze Vegetationszeit etc.) herausgebildet (BÓCSA und KARUS, 1997). Die Sorten, die diesem Formkreis angehören haben die größte flächenmäßige Ausdehnung. Sie weisen eine Vegetationszeit von 90 - 110 Tagen bis zur Samenreife auf. Die 1,25 - 3,0 m langen Stängel sind leicht verzweigt. Der Faserertrag dieser vorwiegend einhäusigen Sorten ist mittelmäßig, der Samenertrag hoch.

Südlicher (mediterraner) Formkreis

Die wirtschaftlich am bedeutendsten Sorten sind in diesem Formkreis eingeordnet. Während der Anbau südlich des 50. nördlichen Breitengrades der Samennutzung dient, werden die zur Fasernutzung angebauten Sorten dieses Formkreises hauptsächlich weiter nördlicher zwischen dem 50. und 55. nördlichen Breitengrad kultiviert. Charakteristisch für die Sorten dieses Formkreises sind eine Vegetationszeit von 130 - 150 Tagen und eine Wuchshöhe von 2,5 - 4,5 m. Diese Sorten neigen zu starker Verzweigung und bilden große Blätter mit durchschnittlich neun bis elf Blattfingern. Des Weiteren sind diese Sorten durch einen hohen Faserertrag und eine hohe Qualität der Fasern gekennzeichnet. Der Samenertrag ist hingegen eher mittelmäßig.

Asiatischer Formkreis

Zu diesem Formkreis zählen Typen, die eine starke Tendenz zur Verzweigung sowie eine Wuchshöhe von 2,5 - 3,0 m aufweisen. Die hell pastellgrün gefärbten Blätter sind groß und zählen durchschnittlich neun bis dreizehn Blattfinger. Die einzelnen Typen sind durch eine sehr unterschiedliche Vegetationsdauer gekennzeichnet, die im Allgemeinen 150 - 170 Tage beträgt. In Europa haben die Sorten dieses Formkreises keine wirtschaftliche Bedeutung, werden jedoch als Kreuzungspartner in der Züchtung eingesetzt.

Wildhanf

Der Wildhanf ist vorwiegend in den ehemaligen Ostblockländern verbreitet und durch eine niedrige Wuchshöhe von 1,0 m gekennzeichnet. Die Stängel sind stark verzweigt. Die relativ kleinen Samen weisen ein Tausendkorngewicht (TKG) von 10 - 12 g auf.

2.2.2. Botanische Beschreibung

Hanf (*Cannabis sativa* L.) ist eine einjährige, krautige, ursprünglich diözische (zweihäusige) Pflanze. Die männlichen und weiblichen Blüten befinden sich auf unterschiedlichen Pflanzen (BÓCSA und KARUS, 1997).

Nach ROSCHER (2000) blüht das Männchen (Femelhanf) in der Regel um drei bis vier Wochen früher als das Weibchen (Hanfhenne). Die Bestäubung erfolgt über den Wind (DRESCHER, 1996).

Der Hanf ist eine Kurztagspflanze. Nach BÓCSA und KARUS (1997) bedeutet dies, dass Hanf bei einer kürzeren Tageslänge früher zur Blüte gelangt als bei einer längeren.

Wurzel

Die einjährige Hanfpflanze weist eine spindelförmige Pfahlwurzel mit horizontal gerichteten Seitenwurzeln erster Ordnung und sich weiter verzweigenden Nebenwurzeln auf (FERTL, 2000).

Bei einem gut gelockerten Boden kann die Wurzeltiefe bis zu 2,0 m betragen (SCHÄFER, 2003). Das Wurzelsystem ist im Verhältnis zu den oberirdischen Pflanzenteilen gesehen relativ schwach entwickelt und macht ca. 8 - 9 % der gesamten Biomasse aus. Die Entwicklung des Wurzelsystems wird weitgehend von den physiochemischen Eigenschaften des Bodens bestimmt. In den Wurzelhaaren sind Öltröpfchen eingelagert (FERTL, 2000).

Stängel

Der aufrechte Spross erreicht je nach Sorte und den jeweiligen Wachstumsbedingungen eine Wuchshöhe zwischen 1,2 und 5,0 m und verzweigt sich in Abhängigkeit von der Bestandesdichte unterschiedlich stark (RUTHENBERG-WILKEN und LANGKAU, 1996).

Die Oberfläche des Stängels ist mit Deck- oder Drüsenhaaren bedeckt und häufig länglich gerippt. Der Stängel weist eine eckige (hexagonale) Form auf und hat einen Durchmesser zwischen 6 und 60 mm. Gegen Ende der Wachstumsphase verholzt der Stängel stark.

Morphologisch gesehen besteht der Stängel der Hanfpflanze aus dem Holz- und Bastgewebe. Das Bastgewebe befindet sich an der Peripherie des Sprossachsenquerschnittes und ist aus dem Phloem, dem Bastparenchym, dem Baststrahlenparenchym und den Bastfasern zusammengesetzt. Die Pflanze nutzt das Bastgewebe als Leitungsgewebesystem, das die in den Blättern gebildeten Assimilate zu den Wurzeln transportiert. Im Bastgewebe bilden sich Gruppen von Faserzellen. Die äußerste Gruppe dieser Faserzellen weist die am stärksten mit Zellulose verdickten Zellwände auf. Die Faserzellen dienen in erster Linie der Versteifung bzw. der Festigung des Stängels und nicht dem Transport von Nährstoffen. Im Unterschied zu den Holzfasern stützen die Bastfasern den Stängel

nicht in senkrechter Richtung sondern vermitteln die Zug-, Reiß- und Drehungsfestigkeit des Hanfstängels. Die Faserzellen sind zu so genannten Faserbündeln vereinigt.

Das Holzgewebe besteht aus den Tracheiden, den Tracheen, den Holzparenchymzellen und den Holzfasern, in denen der Transport von Wasser und Nährsalzen erfolgt.

Die Schäbenmasse wird durch das Holzgewebe gebildet. Die Holzfasern haben die Aufgabe, den Stängel in senkrechter Stellung zu versteifen (BÓCSA und KARUS, 1997).

Hinsichtlich des Fasertyps unterscheidet man die wertvollen Primär- oder Langfasern und die minderwertigen, kleinen Sekundärfasern. Die Einzelfasern, aus denen die Sekundärfasern zusammengesetzt sind, weisen einen geringeren Durchmesser auf und sind erheblich kürzer als die der Primärfasern. Zudem haften sie wesentlich stärker am Holzteil und gehen somit im weiteren Aufschlussprozess verloren (BÓCSA und KARUS, 1997). Aufgrund ihrer größeren Länge und Festigkeit sind die Primärfasern für die faseraufschließende Industrie wertvoller.

Blatt

Die Hanfpflanze weist ein fingerförmig gefiedertes Blatt auf, welches aus mehreren, voneinander getrennten Blättchen oder Fiedern besteht. Die selbständigen Einzelblättchen sind schmal, haben grob gesägte Ränder und ein lang gezogenes, spitzes Ende (ROSCHER, 2000).

Die Anzahl der auch als Blattfinger bezeichneten Blättchen ist vor allem für die Sorte charakteristisch und variiert im Allgemeinen zwischen fünf und dreizehn Blattfingern. Des Weiteren wird die Zahl der Blattfinger durch das Alter der Pflanze bestimmt. Die Blätter von jungen Pflanzen sind gegenständig, während die Blätter ab der Blüte wechselständig angeordnet sind (SCHÄFER, 2003). Der Übergang von gegenständiger zu wechselständiger Blattstellung wird als GV-Punkt bezeichnet (BÓCSA und KARUS, 1997). Die bis zu 6,0 cm langen Blattstiele sind krautig und rau behaart.

Die Blattoberseite ist mit kegelförmigen, meist kurzen Haaren mit gekrümmter Spitze besetzt (FERTL, 2000). Die Haare werden als Trichomen oder Zystolithenhaare bezeichnet (ROSCHER, 2000).

Blüte

Die männlichen Blüten stehen in Form von lockeren, rispenartigen Trugdolden an den von der Blattachse ausgehenden Nebenästen des Blütenstandes. Sie bestehen aus einem einfachen Perigon (Blütenhülle) mit fünf Tepalen (Blütenblätter), das fünf Staubgefäße umschließt. Die Blütenhülle ist etwa 5 mm lang und weißlich-gelbgrün. Von oben betrachtet erscheinen die männlichen Blüten sternförmig (BÓCSA und KARUS, 1997).

Der Pollen ist trocken, mehlartig und bildet in der Blütezeit Wolken, die in einer Höhe von 20 - 30 m über eine Entfernung von ca. 12 km weit fliegen können (SCHÄFER, 2003).

Die Anzahl der männlichen Blüten ist in erster Linie vom Standraum der Einzelpflanze abhängig (BÓCSA und KARUS, 1997).

Die weiblichen Blüten bestehen aus einem grünen, einblättrigen Perigon, das den einsamigen Fruchtknoten umschließt. Aus den seitlichen Schlitzten treten die beiden schmalen Narben hervor. Die gabelförmige Narbe ist am Anfang weiß und später purpurrot gefärbt. Die weiblichen Blüten sind sehr unscheinbar (BÓCSA und KARUS, 1997). Nach der Befruchtung und zur Ernte bildet sich ein kolbenförmiger, dichter Blüten- bzw. Fruchtstand (SCHÄFER, 2003).

Samen

Die Hanffrucht ist eine kugel- bis breit-eiförmige, einsamige Nuss, die meist 2,5 - 5 mm lang und 2 - 4 mm breit ist. Die Fruchtschale ist glatt, glänzend und graubraun. Das Tausendkorngewicht (TKG) variiert je nach Sorte zwischen 17 und 23 g. Der Ölgehalt der Frucht beträgt 30 - 32 %. Des Weiteren enthält der Samen 20 - 25 % Rohprotein, 6 - 7 % Rohasche, 1,5 % Glucose und 0,3 % Harz (FERTL, 2000).

2.3. Wachstums- und Entwicklungsverlauf

BBCH Monografie nach HACK et al. (1992)

Die erweiterte BBCH-Skala, die einer einheitlichen Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien von mono- und dikotylen Pflanzen dient, wurde im Auftrag der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, des Bundessortenamtes, des Industrieverbandes Agrar und des Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt erstellt. Der von ZADOKS et al. entwickelte Dezimalcode für Getreidepflanzen wurde hierfür als Vorlage verwendet.

Für die Beschreibung der einzelnen Entwicklungsstadien werden phänologische Merkmale, die makroskopisch einfach zu erfassen sind, herangezogen.

Die BBCH-Skala sieht eine Unterteilung des Entwicklungsverlaufes der Pflanze in zehn deutlich voneinander abgrenzbaren Makrostadien vor. Die Makrostadien werden mit Ziffern von 0 bis 9 codiert.

Tab. 1: Makrostadien zur Beschreibung des Entwicklungsverlaufes von mono- und dikotylen Pflanzen nach HACK et al. (1992)

Makrostadium	Definition
0	Keimung, Austrieb
1	Blattentwicklung (Hauptspross)
2	Bildung von Seitensprossen / Bestockung
3	Längen- bzw. Rosettenwachstum des Hauptsprosses / Triebentwicklung / Schossen (Haupttrieb)
4	Entwicklung vegetativer Pflanzenteile bzw. vegetativer Vermehrungsorgane / Ähren- bzw. Rispen-schwellen
5	Erscheinen der Blütenanlage (Hauptspross) / Ähren- bzw. Rispen-schieben
6	Blüte (Hauptspross)
7	Fruchtentwicklung
8	Frucht- und Samenreife
9	Absterben bzw. Eintreten der Vegetationsruhe

Da die Einteilung des Entwicklungszyklus der Pflanze in Makrostadien keine exakte Beschreibung der einzelnen Wachstumsphasen erlaubt, werden diese in Mikrostadien unterteilt. Die Mikrostadien beschreiben die für die jeweilige Pflanzenart charakteristischen Entwicklungsschritte und werden ebenfalls mit den Ziffern 0 bis 9 codiert. Aus den beiden Ziffern für das Makro- und Mikrostadium ergibt sich ein zweistelliger Code, der für eine Vielzahl von Pflanzenarten eine präzise Erfassung aller Wachstumsstadien erlaubt. Dennoch ist bei einigen Pflanzenarten wie Kartoffeln, Tomaten und Soja eine weitere Unterteilung der Makrostadien in so genannte Mesostadien erforderlich. Das Mesostadium wird zwischen dem Makro- und Mikrostadium eingeführt. Die Ziffern 0 und 1 beschreiben den Entwicklungsverlauf am Hauptspross und die Ziffern 2 bis 9 den Entwicklungsverlauf der Seitensprosse 2. bis 9. Ordnung. Daraus ergibt sich ein dreistelliger Code, der bei Bedarf Anwendung findet.

Dezimalcode für die Wachstumsstadien von Hanf nach MEDIAVILLA et al. (1999)

In Anlehnung an die allgemein beschriebenen Entwicklungsstadien von mono- und dikotylen Pflanzen, verfassten die Schweizer Vito MEDIAVILLA, Manuel JORQUERA und Ingrid SCHMID-SLEMBROUCK (1999) einen Dezimalcode für die Wachstumsstadien von Hanf. Die Autoren sehen für den Lebenszyklus von Hanfpflanzen eine Einteilung in vier Hauptwachstumsstadien (HWS) vor, die jeweils mit der ersten Ziffer eines vierstelligen Codes dargestellt werden. Die sekundären Wachstumsstadien werden mit der zweiten Ziffer des Codes, die das Geschlecht oder die Einhäusigkeit zum Ausdruck bringt, wiedergegeben. Die dritte und vierte Ziffer des Codes beschreibt jeweils das genaue Entwicklungsstadium der Hanfpflanze.

Tab. 2: Hauptentwicklungsstadien von Hanf nach MEDIAVILLA et al. (1999)

Code HWS	Definition
0	Keimung und Auflaufen
1	Vegetatives Wachstum
2	Blüte und Samenbildung
3	Seneszenz

Keimung und Auflaufen (HWS-Code 0)

Die Entwicklung der Hanfpflanze beginnt mit der Keimung, deren Dauer durch zahlreiche Faktoren bestimmt wird. Nach der Aufnahme von Wasser tritt etwa 24 bis 28 Stunden nach der Aussaat die Keimwurzel in Erscheinung (Code 0001). Bald darauf erstreckt sich aus dem Boden das Hypokotyl (Code 0002) und die Keimblätter entfalten sich (Code 0003). Die Keimblätter sind am Stängel festgewachsen und nicht gezackt.

Vegetatives Wachstum (HWS-Code 1)

Die Phase des vegetativen Wachstums ist vor allem durch die Entwicklung der Stängel und Blätter geprägt. Zu Beginn dieses Stadiums entwickelt sich die Pflanze nur langsam. Etwa ab dem 4-Blattstadium kommt es zu einer intensiven Verlängerung des Stängels und folglich der Internodien. Die Pflanze bildet in dieser Entwicklungsphase sieben bis zwölf Blattpaare. Das jeweilige Stadium des vegetativen Wachstums wird durch die Anzahl voll entwickelter Blätter bestimmt. Beispielsweise verwendet man für das erste Blattpaar den Dezimalcode 1002 und für das vierte Blattpaar den Dezimalcode 1008.

Blüte und Samenbildung (HWS-Code 2)

Der Übergang von gegenständiger zu wechselständiger Blattstellung deutet auf die Induktion der Blüte hin. Nach BÓCSA und KARUS (1997) wird dieses Stadium als „GV-Punkt“ bezeichnet. Häufig werden dabei bereits die ersten Blütenprimordia gebildet, die jedoch beim Erscheinen geschlechtlich noch unspezifisch sind. Der Beginn der generativen Phase ist durch den Wechsel der Blattstellung (Code 2000) und das Erscheinen der Blütenprimordia (Code 2001) gekennzeichnet.

MEDIAVILLA et al. (1999) benennen mit der zweiten Ziffer des Dezimalcodes das Geschlecht der Pflanze, wobei sich die Ziffer „1“ auf eine männliche, die Ziffer „2“ auf eine weibliche und die Ziffer „3“ auf eine einhäusige Pflanze bezieht. Die dritte und vierte Ziffer beschreibt das exakte generative Stadium. Der Beginn der männlichen Blüte (Code 2101) ist durch das Öffnen der ersten Staubblüten gekennzeichnet. Die

männliche Blüte erreicht ihren Höhepunkt, wenn 50 % der Staubblüten offen sind und der Pollen ausgeschüttet wird.

Die Bildung der weiblichen Blüten (Code 2201) ist durch das Sichtbarwerden der ersten Narben definiert. Der Höhepunkt der weiblichen Blüte ist erreicht, wenn 50 % der Kelche ausgebildet sind. Die Blütezeit dauert in Abhängigkeit von der Temperatur zwei bis drei Wochen (BÓCSA und KARUS, 1997). Etwa drei Wochen nach der Blüte und der Befruchtung werden die ersten Samen hart (Code 2203). Die Samenreife ist erreicht, wenn 50 % der Samen im Bestand ausgereift sind (Code 2204). Die Blüte und die Samenreife bei einhäusigen Pflanzen werden gleich definiert wie bei zweihäusigen weiblichen Pflanzen.

Seneszenz (HWS-Code 3)

Nach der Blüte der männlichen bzw. der Samenreife der weiblichen Pflanzen beginnen diese abzusterben. Zuerst vertrocknen die Blätter (Code 3001) und später die Stängel (Code 3002).

Tab. 3: Entwicklungsstadien von Hanf und ihre Codierung nach MEDIAVILLA et al. (1999)

Entwicklungsstadium	Häufigkeit	Geschlecht	Dezimalcode	Definition
Keimung und Auflaufen			0000	Trockener Samen
			0001	Erscheinen der Wurzel
			0002	Auflaufen des Hypokotyl
			0003	Entfalten der Keimblätter
Vegetatives Wachstum (Haupttrieb)			1002	1. Blattpaar
			1004	2. Blattpaar
			1006	3. Blattpaar
			1008	4. Blattpaar
			1010	5. Blattpaar
			10xx	n. Blattpaar
Blüte und Samenbildung (Haupttrieb und Zweige)	Nicht sichtbar		2000	GV-Punkt (Wechsel der Blattstellung)
			2001	Blütenprimordia (Geschlecht unerkennbar)
	zweihäusig	männlich	2100	Blütenbildung (geschlossene, staminate Blüten)
			2101	Beginn der Blüte (erste, offene Blüten)
			2102	Blüte (50% offene Blüten)
			2103	Ende der Blüte (95% offene Blüten)
			2200	Blütenbildung (Kelche, keine Narben)
	zweihäusig	weiblich	2201	Beginn der Blüte (erste Narben)
			2202	Blüte (50% der Kelche ausgebildet)
			2203	Beginn der Samenreife (erste harte Samen)
			2204	Samenreife (50% der Samen hart)
			2205	Ende der Samenreife (95% der Samen hart oder ausgefallen)
			2300	Weibliche Blütenbildung (Kelche, keine Narben)
	einhäusig		2301	Beginn der weiblichen Blüte (erste Narben)
			2302	Weibliche Blüte (50% der Kelche ausgebildet)
			2303	Männliche Blütenbildung (geschlossene, staminate Blüten)
			2304	Männliche Blüte
			2305	Beginn der Samenreife (erste harte Samen)
			2306	Samenreife (50% der Samen hart)
			2307	Ende der Samenreife (95% der Samen hart oder ausgefallen)
Seneszenz				
	3002	Austrocknen des Stängels		
	3003	Zerfall des Stängels		

2.4. Produktion

Standortansprüche

Die Hanfpflanze stellt besondere Ansprüche an den Boden. Für ein optimales Wachstum und eine hohe Faserqualität benötigt der Hanf einen nährstoffreichen Standort, der einen tiefgründigen, humosen und kalkhaltigen Boden mit ausreichender Wasserversorgung aufweist (SCHÄFER, 2003).

Der optimale pH-Wert liegt zwischen 7,1 und 7,6. Ein pH-Wert von 6 stellt die Untergrenze dar (LOHMEIER, 1997).

Nach SCHÄFER (2003) gedeiht der Hanf am besten in gemäßigt-feuchtem Klima mit ca. 500 bis 700 mm Niederschlag im Jahr.

Ungeeignet für den Hanfanbau sind flachgründige und nährstoffarme Sandböden sowie schwere Tonböden. Ein Mangel an Wasser- oder Sauerstoff, der infolge von Bodenverdichtungen und stauender Nässe auftritt, führt zu erheblichen Wachstumsdepressionen und Qualitätseinbußen.

Der Hanf benötigt für eine optimale Entwicklung der Biomasse eine höhere Wärmesumme als beispielsweise Lein. Nach SCHÄFER (2003) dauert eine Vegetationsperiode bei Hanf in Mittel- und Südeuropa ca. 100 bis 115 Tage, dies entspricht einer Wärmesumme von etwa 1900 bis 2000 °C bis zur technischen Faserreife. Bis zur Samenreife benötigt der Hanf eine Wärmesumme von 2200 bis 3000 °C.

Bodenbearbeitung und Fruchtfolge

Der Hanf stellt hohe Ansprüche an die Wasser- und Nährstoffversorgung des Bodens. Die Bodenbearbeitung sollte aus diesem Grund so gewählt werden, dass der Niederschlag festgehalten wird, die Nährstoffe gut eingearbeitet werden, der Boden luftdurchlässig ist und die Bodenoberfläche glatt bleibt (BÓCSA und KARUS, 1997). Nach BÓCSA und KARUS (1997) empfiehlt sich dafür eine späte, tiefe Herbstfurche mit anschließender Rückerverdichtung. Um die Bodenstruktur zu

verbessern und Stickstoff langsam freizusetzen, kann vor dem Pflügen Stallmist ausgebracht werden. VOGL und HEß (1997 b) teilen die Ansicht, dass der Anbau einer abfrierenden Zwischenfrucht mit anschließend seichtem Einarbeiten und folgender Saatbeetbereitung ein feines, gleichmäßiges Saatbeet mit guter Bodenstruktur schafft.

Für eine leichtere Unkrautbekämpfung bzw. Beikrautregulierung bei Hanf wird in der Literatur als Vorfrucht eine Schwarzbrache empfohlen, die aufgrund der derzeitigen Erkenntnisse hinsichtlich Bodenerosion und Nährstoffauswaschung jedoch nicht sinnvoll erscheint.

Hanf läuft auf verdichtetem Boden nur langsam und sehr ungleichmäßig auf und kann sich bei hohem Unkrautdruck nur schwer durchsetzen. Der Rückstand im Wachstum kann auf verdichteten Stellen nicht wieder aufgeholt werden und Einbußen im Faser- und Samenertrag sind die Folge (MAYRHUBER und WINKLER-RIEDER, 1997).

Aufgrund der hohen Selbstverträglichkeit von Hanf kann dieser zwei- bis dreimal hintereinander angebaut werden, ohne Ertragseinbußen zu erleiden. Bei Monokultur muss jedoch auf eine ausreichende Nährstoffversorgung und einen möglichen Schädlingsbefall geachtet werden. Eine Monokultur von Hanf ist wenig sinnvoll, da es zahlreiche geeignete Vorfrüchte gibt und der hohe Vorfruchtwert von Hanf in einer Monokultur ungenützt bleibt (BÓCSA und KARUS, 1997).

Aussaat

Die Aussaat von Hanf erfolgt im mitteleuropäischen Raum in Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen von Mitte April bis Ende Mai.

Die Hanfsamen keimen bereits bei einer Bodentemperatur von 1 - 2 °C. Um jedoch einen raschen und gleichmäßigen Aufgang des Hanfes zu gewährleisten, wird eine Saat bei einer Bodentemperatur von 10 - 12 °C empfohlen (BÓCSA und KARUS, 1997). Ein früherer Saattermin bringt aufgrund der erhöhten Gefahr von Spätfrösten ein gewisses Risiko mit sich (ROSCHE, 2000).

Die Saattiefe bei Hanf beträgt zwischen 3 und 5 cm. Nach ROSCHER (2000) kommt es bei einer tieferen Ablage der Samen zu einer unregelmäßigen Keimung und einem damit verbundenen unregelmäßigen Auflaufen.

Die Saatstärke und Bestandesdichte von Hanf variiert in Abhängigkeit von der geplanten Nutzungsrichtung. Zur reinen Fasernutzung werden nach MAYRHUBER und WINKLER-RIEDER (1997) Faserhanfbestände mit hoher Bestandesdichte und geringem Reihenabstand in Drillsaat angebaut. Um die Bildung von feinen Fasern, eine hohe Faserausbeute und eine gute Aufschließbarkeit zu gewährleisten, ist es wichtig, dass der Faserhanf einen dichten Bestand und somit dünne Stängel bildet (RUTHENBERG-WILKEN und LANGKAU, 1996). Bei der Samen- bzw. Mischnutzung findet die Einzelkornsaat mit entsprechend geringer Bestandesdichte und großer Reihenweite Anwendung. Nach RUTHENBERG-WILKEN und LANGKAU (1996) benötigt der Samenhanf für die Entwicklung von großen Samenständen mehr Standraum.

Aufgrund des Konkurrenzverhaltens der Hanfpflanzen ist im Entwicklungsverlauf eine Selbstausdünnung und somit eine Reduktion der Bestandesdichte möglich.

Bei zu hoher Bestandesdichte sinkt die Wachstumsrate der Pflanzen und schwächliche Pflanzen sterben ab oder bilden den Unterhanf, der aufgrund des geringeren Faserwertes unerwünscht ist (RUTHENBERG-WILKEN und LANGKAU, 1996; RÖSSLER et al., 2012).

Die Angaben hinsichtlich der Aussaatmenge von Hanf variieren, wie in der nachfolgenden Tabelle ersichtlich ist, stark.

Im konventionellen Anbau wird für die Samennutzung eine Aussaatmenge zwischen 12 und 20 kg/ha bei einer Reihenweite von ca. 22 cm empfohlen. Während im biologischen Anbau 8 bis 15 kg/ha bei einer Reihenweite von ca. 40 cm ausgesät werden. Für die Fasergewinnung wird eine Aussaatmenge von 30 bis 40 kg/ha empfohlen (SCHÄFER, 2003).

Tab. 4: In der Literatur empfohlene Reihenweiten und Saatstärken für den Anbau von Hanf (ohne Berücksichtigung von Sorte und Tausendkorngewicht) nach VOGL und HEß (1995); ergänzt

Literaturquelle	Fasernutzung		Samennutzung	
	Reihenweite in cm	Aussaatmenge in kg/ha	Reihenweite in cm	Aussaatmenge in kg/ha
BECKER-DILLINGER, 1928	12-20	80-120	25-50	45-70
ZADE, 1933	20-30	70-90	50-60	10-15
FLADER und NEUER, 1939		70-80		
KONEMANN, 1942	12-15	110-150	50-60	25-50
SCHUY, 1950		75-80		
HEEGER, 1956	10-20	80-100	50-60	10-15
HOFFMANN, 1957		80-100 Mineralboden 70-80 Moorboden		40-50 Mineralb. 20-30 Moorb.
CEAPOIU, 1958	12,5	70-80 trockene Standorte	70	8-10
	7,5	80-90 feuchte Standorte 70-80 trockene Standorte 90-100 feuchte Standorte		
BERGER, 1969	12-23	60-100 Mischnutzung 80 Textilfasernutzung 65 Papiernutzung		
GEISLER, 1988	10-20	80-100		
HOPFNER und MENGE-HARTMANN, 1996		60-80		12-25

Düngung

Hanf stellt aufgrund seiner hohen Biomassenproduktion relativ hohe Ansprüche an die Nährstoffversorgung. Im Vergleich zu anderen Nutzpflanzen kann der Nährstoffbedarf von Hanf als hoch bezeichnet werden (BERGER, 1969).

Die Nährstoffaufnahme erfolgt bei Hanf früh und ist besonders in den ersten acht Wochen der Vegetationszeit sehr hoch, dies gilt vor allem für Stickstoff und Kalium. Aus diesem Grund ist eine ausgewogene Grunddüngung, welche dem Hanf die Verfügbarkeit von Nährstoffen sicherstellt, vor der Saat zu empfehlen. (SCHÄFER, 2003). Während der Blüte und Samenbildung weist der Hanf einen hohen Bedarf an Phosphor und Kalium auf (ROSCHER, 2000).

Gegen Ende der Vegetationsperiode erfolgt durch den Blattfall eine Nährstoffrückführung in den Boden (MAYRHUBER und WINKLER-RIEDER, 1997).

Tab. 5: Nährstoffentzug von Hanf (MAYRHUBER und WINKLER-RIEDER, 1997; ROSCHER, 2000); ergänzt

Nährstoff	kg/ha
N	100-140
P ₂ O ₅	80-120
K ₂ O	160-200
Mg	35

Der hohe Nährstoffbedarf von Hanf in der Jugendphase stellt vor allem im biologischen Landbau eine große Herausforderung dar. Um den hohen Nährstoffanspruch von Hanf im biologischen Landbau zu decken, ist der Hanf in der Fruchtfolge nach Leguminosen oder gut organisch versorgten Hackfrüchten zu stellen (MAYRHUBER und WINKLER-RIEDER, 1997). Eine direkte organische Düngung mit Mist oder Kompost im Frühjahr zeigt nach RUTHENBERG-WILKEN und LANGKAU (1996) jedoch nur eine geringe Wirkung. Der Einsatz von Gülle hingegen ermöglicht eine kurzfristige Bereitstellung von Nährstoffen, ist jedoch nicht uneingeschränkt möglich, da der Hanf empfindlich auf die ätzende Wirkung reagiert (RUTHENBERG-WILKEN und LANGKAU, 1996).

- Stickstoff

Die Stickstoffversorgung spielt in der Ertragsentwicklung von Hanf eine besondere Rolle. Nach DRESCHER (1996) wirkt sich eine ausgewogene Stickstoffdüngung besonders auf den Stängelertrag und den Fasergehalt aus.

Der Stickstoffbedarf von Hanf beträgt 80 - 120 kg/ha. Die Verfügbarkeit von Stickstoff in ausreichender Menge muss während der gesamten Wachstumszeit des Hanfes sichergestellt sein.

Stickstoff bewirkt eine Zunahme der Stängellänge und Stängeldicke. Der prozentuelle Fasergehalt in der Sprossachse nimmt in diesem Fall ab, die Faserlänge und somit der Faserertrag pro Fläche nimmt jedoch zu (ROSCHER, 2000).

Ein zu hohes Stickstoffangebot führt zu dünneren Zellwänden, größeren Faserhohlräumen, geringerer Geschlossenheit der Faserbündel und einem geringerem Anteil an Langfasern.

Des Weiteren wird durch eine zu hohe Stickstoffdüngung die Reiß- und Dehnungsfestigkeit der Langfasern herabgesetzt (SCHÄFER, 2003).

- Phosphor

Phosphor erweist sich bereits im Jugendstadium der Pflanzenentwicklung als bedeutsam. Sowohl die Keimung als auch die Wurzelbildung werden durch eine ausreichende Versorgung mit Phosphor gefördert. Weiters nimmt Phosphor auf die Blütenbildung und die Befruchtung Einfluss.

Phosphor fördert im Weiteren die Ertragsbildung von Hanf und zeigt sowohl in Bezug auf die Faserqualität als auch auf die Samenausbildung eine positive Wirkung. Der Bedarf an Phosphor wird auf einem mittleren Niveau eingeschätzt (SCHÄFER, 2003).

Des Weiteren lassen sich zu hohe Stickstoffgaben zum Teil durch Phosphor kompensieren (ROSCHE, 2000).

- Kalium

Kalium nimmt einen entscheidenden Einfluss auf die Ertragsbildung und die Faserqualität von Hanf. Nach SCHÄFER (2003) werden bei einer ausreichenden Versorgung mit Kalium mehr Faserzellen, ein geschlossenes Faserbündelgefüge und Fasern mit einer höheren Reißfestigkeit gebildet.

Kalium verbessert das Nutzungspotential von Wasser und erhöht somit die Wassertoleranz der Pflanze. Des Weiteren lässt sich bei einer ausgewogenen Kaliumversorgung ein geringer Befall von Wurzelparasiten wie beispielsweise dem Hanfwürger (*Orobanche ramosa*) feststellen (SCHÄFER, 2003).

- Kalzium

Eine optimale Versorgung mit Kalzium ist für eine hohe Ertragsleistung und eine hohe Faserqualität des Hanfes von Bedeutung.

Die Standfestigkeit der Hanfpflanze lässt sich durch die Einlagerung von Kalzium in das Stützgewebe verbessern (ROSCHE, 2000). Nach RUTHENBERG-WILKEN und LANGKAU (1996) spielt Kalzium auch für die Einhaltung der Bodenreaktion und der damit verbundenen Verfügbarkeit anderer Nährstoffe eine bedeutende Rolle.

- Magnesium

Magnesium trägt einerseits zur Gesunderhaltung der Blätter bei, welche für eine hohe Photosyntheseleistung entscheidend ist (ROSCHER, 2000). Andererseits wirkt sich eine ausreichende Magnesiumversorgung günstig auf die Faserqualität von Hanf aus. Ein ausgeprägter Mangel führt zu einer verminderten Spross- und Wurzelbildung (SCHÄFER, 2003).

Die Verfügbarkeit von Mikronährstoffen ist teilweise von der Bodenreaktion abhängig (RUTHENBERG-WILKEN und LANGKAU, 1996). Auf organischen Böden (Niedermoorböden) lässt sich ein Mangel an Kupfer beobachten, der zu einem Abknicken der Stängel führt. Weiters kann auf Böden mit hohem organischen Anteil ein Mangel an Bor und Mangan auftreten (SCHÄFER, 2003).

Tab. 6: Literaturangaben über den Nährstoffbedarf von Hanf (FERTL, 2000; ROSCHER, 2000)

Literaturquelle	Stickstoff in kg/ha	Phosphor in kg /ha	Kalium in kg/ha
HEUSER, 1924	75	29	42
JAHN-DEESBACH, 1965	60-100	18-25	65-100
BERGER, 1969	60-100	40-60	75-120
REUTER, 1987	85-150	40-120	70-200
GOTTWALD et al., 1995	100	60-100	100-150
LOW, 1995	120	100	160
HÖPPNER, 1997	60-100	70-100	150-180

Pflanzenschutz

Neben einem hohen Ertragspotential wird dem Hanf eine geringe Anfälligkeit gegenüber Krankheiten und Schädlingen nachgesagt. In der Literatur werden jedoch zahlreiche Schaderreger, die bei Hanf auftreten können, angeführt. Ein großflächiger und wiederholter Anbau kann eine Zunahme des Krankheitsdruckes bewirken und eine Bekämpfung erforderlich machen.

Übersicht der Schaderreger von Hanf (BÓCSA und KARUS, 1997; ROSCHER, 2000):

1. Abiotische Schadfaktoren:

- Durch von Hagel, Sturm und Wind verursachte Schäden kann es bei Faserhanf zu gravierenden Ertrags- und Qualitätseinbußen kommen, da eine maschinelle Ernte und Verarbeitung nicht mehr möglich ist.
- Staunässe führt zu einer Beeinträchtigung des Wachstums und in weiterer Folge zu Vergilbung.
- Herbizidschäden können entweder durch eine direkte Anwendung von Blattherbiziden oder aufgrund von Rückständen einer Herbizidbehandlung der Vorfrucht auftreten. Das Schadbild zeigt sich in Form von vertrockneten Blättern, Deformationen im Stängelbereich und abgestorbenen Pflanzen.

2. Biotische Schadfaktoren:

- Unkräuter und parasitäre Blütenpflanzen haben aufgrund der raschen Jugendentwicklung und dem schnellen Reihenschluss nur eine geringe Bedeutung.
Lediglich bei sehr geringen Saatstärken und großen Reihenweiten oder ungünstigen Wuchsbedingungen kann es zu Problemen mit Unkräutern kommen. Parasitäre Blütenpflanzen wie beispielsweise der Hanfwürger (*Orobancha ramosa*), der in die Wurzel der Hanfpflanze eindringt und sich parasitär ernährt, lassen sich durch den Anbau resistenter Sorten und die Reinigung des Saatgutes unter Kontrolle bringen.
- Bakterien und Viren verursachen Blattflecken und Deformationen im Bereich des Sprosses. Diese im lokal begrenzten Umfang auftretenden Schaderreger können durch die Verwendung von gesundem Saatgut eingedämmt werden.

- Pilzkrankheiten können zu einer starken Schädigung der Hanfpflanzen führen. Eine lang andauernde Periode feuchter Witterung stellt die Voraussetzung für das Auftreten von Mykosen dar. Die häufigsten Pilzkrankheiten sind:
 - Auflaufkrankheit (*Pythium debaryanum*)
 - Hanfkrebs (*Sclerotinia sclerotiorum*)
 - Grauschimmel (*Botrytis cinerea*)
 - Hanfrost (*Melampsora cannabina*)

- Tierische Schädlinge sind im Hanfanbau meist nicht bestandes- bzw. ertragsgefährdend. Zu den wesentlichen Schaderregern zählen:
 - Drahtwurm (*Arigotes* Arten)
 - Hanferdfloh (*Psylliodes attenuata* Koch)
 - Ackerschnecke (*Deroceras* Arten)
 - Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*)
 - Kleine Hanfmotte (*Grapholitha delineaana*)

Unter optimalen Bedingungen sind chemische Pflanzenschutzmaßnahmen im Hanfanbau meist nicht erforderlich. Mechanische Maßnahmen gegen Unkräuter wie beispielsweise das Hacken fördern den Hanf vor allem während der Jugendentwicklung und regen zudem die Mineralisierung von Nährstoffen an (ROSCHER, 2000). Durch die beschattende Wirkung, die ein geschlossener Hanfbestand aufweist, werden die meisten Unkräuter unterdrückt.

2.5. Ernte und Erntetechnik

Die Hanfpflanzen erreichen etwa 100 - 150 Tage nach der Aussaat die Erntereife.

In Abhängigkeit von der jeweiligen Nutzungsrichtung, der Sorte und den klimatischen Bedingungen erfolgt die Ernte im Zeitraum von Anfang August bis Anfang Oktober.

Faserhanf wird nach etwa 100 Tagen am Ende der Blüte geschnitten. Zu diesem Zeitpunkt sind alle Samen bis an die Spitze ausgebildet und das maximale Trockenmassegewicht ist nahezu erreicht.

Bei einer Doppelnutzung der Hanfpflanzen wird die Ernte Anfang bis Mitte September durchgeführt, sobald die Samen im unteren Drittel des Fruchtstandes reif sind. Die Samen weisen dann eine graubraune Farbe auf. Sie lassen sich leicht aus den Hüllblättern herauslösen und zerbrechen bei der Nagelprobe nicht.

Die Zweifachnutzung des Hanfes ist mit einer Minderung des Ertrages, sowohl bei den Samen als auch bei den Fasern, verbunden.

Die Ernte des Samenhanfes erfolgt von Ende September bis Anfang Oktober, wenn zwei Drittel der Samen reif sind (RUTHENBERG-WILKEN und LANGKAU, 1996).

Die Erntetechnik wird von der jeweiligen Nutzung der Hanfpflanzen bestimmt.

Für die Gewinnung der Hanfsamen werden die Samenhanfbestände noch vor der Endreife gedroschen um die Gefahr einer Verpilzung zu minimieren.

Der Drusch erfolgt mit einem Mähdrescher. Aufgrund der Gefahr, dass sich Pflanzenteile im Mähdrescher an vorstehenden und rotierenden Maschinenteilen verheddern, ist eine entsprechende Adaptierung des Mähdreschers (maximal hochgestellter Dreschtisch, Abdeckung von rotierenden und hervorstehenden Teilen) zu empfehlen. Einzelne Versuche haben gezeigt, dass Pflanzen die im Aufwuchs „gespitzelt“ wurden, zwar einen etwas geringeren Samenertrag aufweisen jedoch eine einfachere Ernte ermöglichen.

Die Dreschrückstände werden nach einer Rottephase im Frühjahr mit dem Pflug oder der Scheibenegge eingearbeitet.

Bei einer Zweifachnutzung wird das Reststroh nach dem Drusch geschnitten, geröstet und einer weiteren Verwertung zugeführt. Bei der Tauröste werden die

Fasern durch das Einwirken von Mikroorganismen bei warmer, wechselfeuchter Witterung vom Holz getrennt.

Reine Faserhanfbestände werden bereits zur Blüte der männlichen Blütenstände geschnitten, geröstet und weiterverarbeitet (FERTL, 2000). Die Ernte von Faserhanf erfolgt mit einem Mähbalken, wobei Mähwerke mit rotierenden Werkzeugen ungeeignet sind (MAYRHUBER und WINKLER-RIEDER, 1997). Teilweise kommen auch speziell konstruierte Erntegeräte zum Einsatz.

2.6. Verwertung und Qualitätsparameter

Verwertungsmöglichkeiten von Hanf

Die verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten von Hanf sind seit langer Zeit bekannt. Während in früherer Zeit traditionelle Einsatzbereiche im Vordergrund standen, hat sich bis heute eine Vielzahl an innovativen Verwendungsmöglichkeiten der Samen, Fasern und Schäben etabliert.

In der nachfolgenden Abbildung werden die zahlreichen Nutzungsmöglichkeiten von Hanf angeführt.

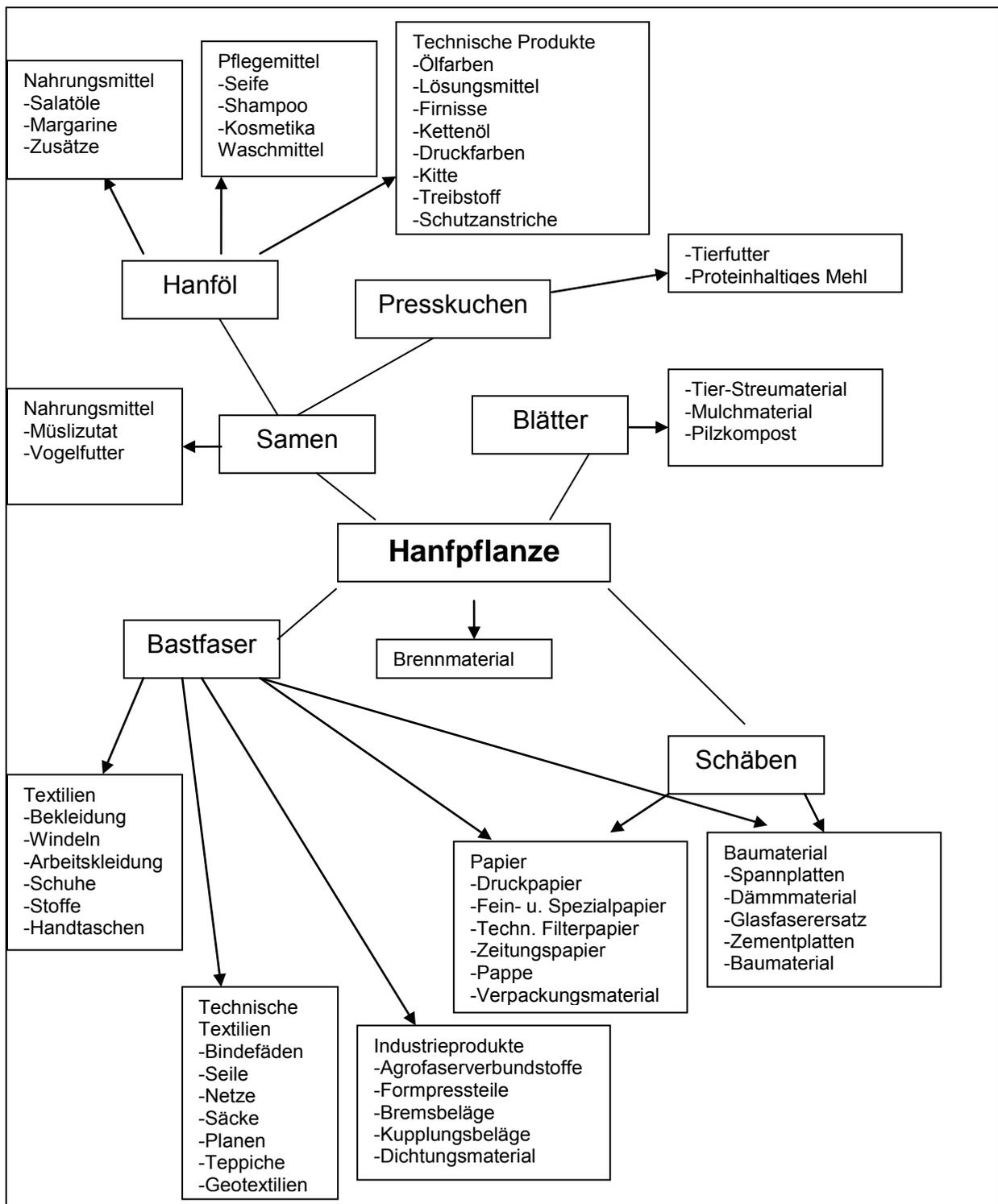


Abb. 2: Möglichkeiten der Nutzung von Hanf (WASKOW, 1995; ROSCHER, 2000)

Die in Abbildung 2 dargestellte Vielseitigkeit von Hanf zeigt, dass alle Teile der Hanfpflanze genutzt werden können. Im Folgenden werden einzelne Nutzungsrichtungen der Samen, Fasern und Schäben beschrieben.

Nutzung von Samen

Hanfsamen weisen ein für die menschliche Ernährung günstiges Fettsäure- und Aminosäuremuster auf. Sie enthalten überwiegend einfach oder mehrfach ungesättigte Fettsäuren, vor allem Linol- und Linolensäure. Das Verhältnis von mehrfach ungesättigten zu den gesättigten Fettsäuren erweist sich als ernährungsphysiologisch günstig.

Das Hanföl weist als einziges Speiseöl die wertvolle Gamma-Linolensäure auf. Zudem enthalten die Hanfsamen alle für den Menschen essentiellen Aminosäuren in gut verwertbarer Form (BÓCSA und KARUS, 1997).

Die „Lebensmittelverarbeitende Industrie“ hat die ernährungsphysiologische Bedeutung von Hanf aufgegriffen und eine Vielzahl von Nischenprodukten hervorgebracht. Die Hanfsamen werden als geschmackliche Komponente in Müsliriegel und Schokoladen oder geröstet als Knabbersnack verwendet. Das aus den Hanfsamen gewonnene Öl wird entweder direkt als Speiseöl oder für die Herstellung von technischen Produkten und Kosmetika eingesetzt. Weiters werden Hanfsamen als Vogelfutter verwendet.

Nutzung von Schäben und Fasern

Im Zuge der Aufbereitung von Hanfstroh werden zunächst die Fasern von den Schäben getrennt.

Die Schäben, die in der Gewinnung von Fasern als Abfallprodukt anfallen, werden für die Erzeugung von Spann- und Dämmplatten verwendet. In loser Form werden die Schäben als Niveauausgleich für Fußböden, Dachstühle und Hohlräume eingesetzt. Weiters lassen sich aus den Schäben minderwertige Papierwaren, organische Klebstoffe, Leichtbauplatten und hochwertige Einstreu für Tiere erzeugen.

Die Hanffasern weisen eine hohe Atmungsaktivität und gute Wärmespeicherfähigkeit auf und werden aus diesem Grund vor allem als Dämmstoff für die Isolierung von Häusern eingesetzt. Die Kurzfasern werden im Gemisch mit Schäben als lose Schüttdämmung verwendet. Die Bastfasern werden für die Herstellung von Papierwaren, Textilien, Ölfiltern und als Strukturelement in Formpressteilen herangezogen wofür jedoch spezielle Aufschlussverfahren benötigt werden. Des

Weiteren finden die Hanffasern in der Erzeugung von Spezialzellstoffen und Spezialpapieren, Innenverkleidungen für die Automobilindustrie, Nadelfilzteppichen und Geotextilien für den Erd- und Wasserbau Verwendung.

Nach WASKOW (1995) stellt die Schaffung von geeigneten Verarbeitungskapazitäten und Technologien die Voraussetzung für die Etablierung von Hanf als Rohstoff dar.

Parameter der Faserqualität

Aufgrund der großen natürlichen Variabilität von Hanffasern im Hinblick auf ihre morphologischen Eigenschaften und der unterschiedlichen Gewinnungs- und Aufbereitungsverfahren wird eine objektive Qualitätsbeurteilung und -kontrolle erschwert. Dennoch wird versucht, einheitliche Parameter für eine Beurteilung und Überprüfung der Qualität zu schaffen.

Die Zugfestigkeit und die Dehnbarkeit von Fasern stellen zwei wichtige Parameter zur Beurteilung der Qualität dar.

Neben diesen beiden Charakteristika nehmen auch die Faserfeinheit, der Auflösungsgrad, die Teilbarkeit und die Länge der Fasern Einfluss auf die Qualität der Endprodukte (SCHÄFER, 2003). SCHEER-TRIEBEL und LÉON (2000) weisen darauf hin, dass die Kenntnis der Faserlänge für das Verspinnen der Fasern von Bedeutung ist, da sie das Verschleißverhalten und die Festigkeit von Vliesen, die Eigenschaften von Papieren und die Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen beeinflusst. Auch die Faserfeinheit nimmt Einfluss auf das Verschleißverhalten, die Formbeständigkeit, das physiologische und hygienische Verhalten sowie die Oberflächenbeschaffenheit von Textilien und technischen Geweben.

Die mechanischen Eigenschaften der Fasern wie Zugfestigkeit, Höchstzugkraft und Dehnbarkeit haben Auswirkungen auf den Verarbeitungsprozess bei der Erzeugung von Vliesen, Geweben und Textilien. Die Hitzebeständigkeit und Wärmeleitfähigkeit der Fasern sind für die Herstellung von Textilien, Verbundwerkstoffen und Dämmstoffen relevant (SCHÄFER, 2003).

3. Material und Methoden

3.1. Material

Der Feldversuch wurde im Jahr 2011 auf zwei Standorten, in Hanfthal und an der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur in Groß Enzersdorf, durchgeführt.

3.1.1. Standortbeschreibung Hanfthal

Hanfthal liegt im Norden des Weinviertels in Niederösterreich, unmittelbar an der Grenze zu Tschechien und ist eine Katastralgemeinde der Stadt Laa an der Thaya.

Der größte Teil der Flächen wird ackerbaulich genutzt. Die durchschnittliche Betriebsgröße eines Vollerwerbsbetriebes beträgt 50 bis 100 ha.

Hanfthal liegt auf einer Seehöhe von 186 m. Das Gemeindegebiet ist zum Großteil eben (95 %). Hangneigungen mit bis zu 6 ° sind nur entlang des Brunnberg und des Walkenhübel zu finden.

Klima und Bodenverhältnisse

Die mittlere Jahrestemperatur liegt im langjährigen Durchschnitt bei 9,3 °C. Im Winter beträgt die mittlere Temperatur im Durchschnitt minus 0,6 °C.

Für den Vegetationsverlauf ist die Anzahl der Vegetationstage mit einem Temperaturmittel von 5 °C bedeutend, welches im langjährigen Schnitt an 248 Tagen im Jahr erreicht wird.

Die langjährige mittlere Niederschlagssumme beträgt 478 mm. In den Monaten April bis August liegt die durchschnittliche Niederschlagssumme bei 274 mm.

Die Monate April bis September weisen im langjährigen Mittel 46 Niederschlagstage auf.

Die mittlere Windgeschwindigkeit liegt bei 2,8 m/s. Aufgrund der windoffenen Lage treten besonders im Frühjahr starke Winde auf, die zu Erdverwehungen führen.

Das Ausgangsmaterial der Böden im Gemeindegebiet von Hanfthal ist sehr vielfältig, es reicht von Löß, teritären Sanden und alluvialen Feinsedimenten bis hin zu fluviatilen Sedimenten. Der überwiegende Teil (ca. 75 %) der Böden ist aus fluviatilen Sedimenten entstanden, teilweise auf sehr sandigem Untergrund mit wechselnder Mächtigkeit. Entlang der Gräben und in den Senken sind im gesamten Gemeindegebiet alluviale Sedimente zu finden.

Aufgrund des vorkommenden Ausgangsmaterials gibt es relativ wenige Bodentypen:

- Gleyböden findet man großflächig entlang der Bäche und Gerinne (Thaya und Arme). Die Ertragsleistung dieser Böden ist trotz guter Wasserversorgung eher mäßig.
- Rohböden sind aus teritären Sanden hervorgegangen und kleinflächig im gesamten Gemeindegebiet zu finden.
- Tschernosem nimmt einen großen Flächenanteil innerhalb des Gemeindegebietes ein. Die Tschernoseme sind in der Regel sehr gut entwickelt und weisen teritären Sand im Unterboden auf.
- Feuchtschwarzerde ist neben Tschernosem am häufigsten zu finden und kommt in weiten flachen Mulden vor.

Aufgrund der fehlenden Niederschläge und der teilweise sehr mächtigen teritären Sande im Untergrund können Trockenschäden auftreten.

Im Gemeindegebiet von Hanfthal wurde eine großflächige Drainagierung durchgeführt und Gräben angelegt.

Der Boden auf dem der Feldversuch angelegt wurde, besteht aus sandigem Lehm und weist eine Humusmächtigkeit von 50 cm auf.

Der Bodentyp ist ein tiefgründiger Tschernosem, welcher sich durch eine hohe Wasserspeicherfähigkeit auszeichnet. Der AP-Horizont reicht von 0 bis 25 cm und ist

leicht kalkhaltig. Des Weiteren ist dieser durch eine krümelige Struktur und graubraune Farbe gekennzeichnet.

Der anschließende A-Horizont mit einer Mächtigkeit von 25 bis 45 cm ist humos, krümelig und schwach kalkhaltig.

Auf den A-Horizont folgt der AC-Horizont, der von 45 bis 50 cm reicht, kalkhaltig ist und eine blockige Struktur aufweist. Ab einer Bodentiefe von 50 cm findet man den C-Horizont, der ebenfalls kalkhaltig und von blockiger Struktur ist. Die Durchwurzelung ist in allen Horizonten gut.

Vereinzelt treten in den Feldstücken Stellen auf, die den gleichen Bodentyp jedoch eine geringere Humusmächtigkeit (35 bis 40 cm) aufgrund ihrer höheren Erosionsanfälligkeit aufweisen. Des Weiteren sind in den Feldstücken vereinzelt Anschwemmungen von Sandbänken zu finden (BMF, 2005).

Witterung

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Monatsniederschlagssummen und die Monatsmitteltemperaturen im Vegetationsjahr 2011 und im langjährigen Durchschnitt der meteorologischen Station Laa an der Thaya.

Auffällig waren die im Jahr 2011 deutlich höheren Niederschlagsmengen im Monat Juli im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten in Laa an der Thaya. Die Aufbereitung der Daten erfolgte nach Vorlage des Klimadiagramms nach Walter und Lieth.

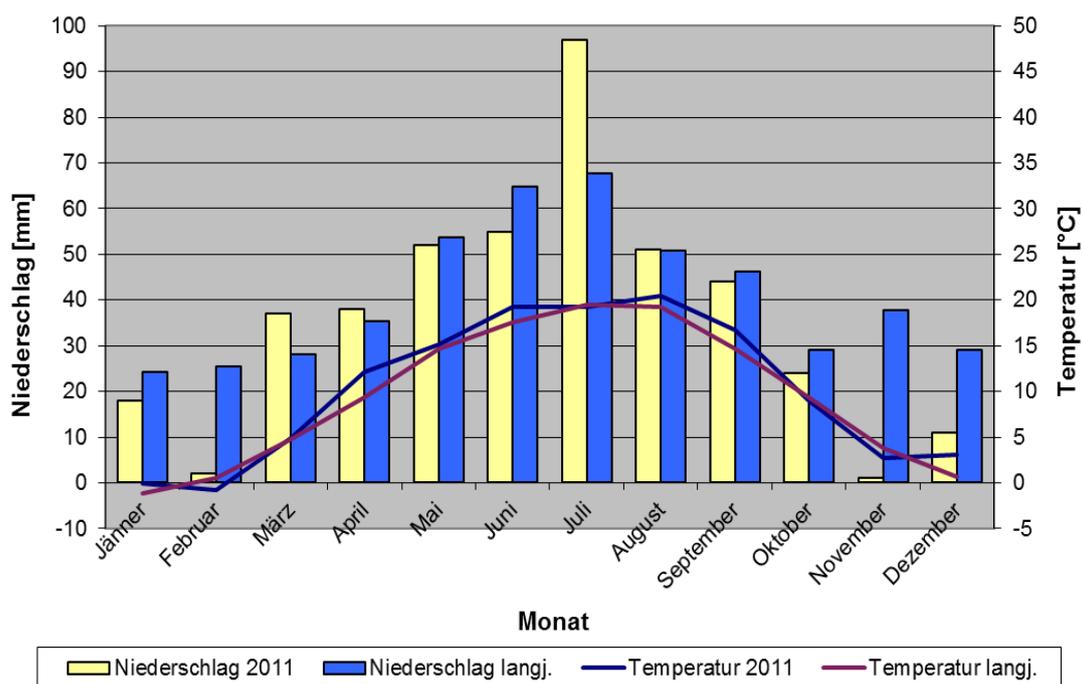


Abb. 3: Monatsniederschlagssummen und Monatsmitteltemperaturen im Vegetationsjahr 2011 und im langjährigen Durchschnitt der meteorologischen Station Laa/Thaya

3.1.2. Standortbeschreibung Groß Enzersdorf

Die Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur befindet sich in Groß Enzersdorf, nahe der Stadtgrenze ca. 2 km östlich von Wien, im Marchfeld.

Die vorherrschenden Boden- und Klimaverhältnisse sind für das Marchfeld, das einen bedeutenden landwirtschaftlichen Produktionsraum darstellt und das pannonische Produktionsgebiet Österreichs repräsentativ.

Groß Enzersdorf liegt auf einer Seehöhe von 153 m.

Klima und Bodenverhältnisse

Die Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf liegt im gemäßigten Klimagebiet, im pannonischen Produktionsraum. Dieser Klimaraum ist durch heiße, trockene Sommer und kalte, schneearme Winter geprägt. Die mittlere Temperatur liegt im langjährigen Durchschnitt bei 9,8 °C.

Die langjährige mittlere Niederschlagssumme beträgt 546 mm, mit einer maximalen durchschnittlichen Monatssumme von 73 mm im Juli. Ein Minimum wird im Januar mit 27 mm erreicht.

Die Versuchsfelder liegen in offener, windiger Lage, 156 m über dem Meeresniveau. Besonders im Sommer ist das Klima durch eine geringe Luftfeuchtigkeit und mäßige Taubildung gekennzeichnet.

Die Landschaftsform des Marchfeldes wird durch eiszeitliche Schotterterrassen mit Auflagen aus Feinsediment geprägt. Die Versuchswirtschaft befindet sich auf der jüngsten eiszeitlichen Terrasse, der Niederterrasse.

Die Böden der Versuchswirtschaft sind generell tiefgründig, mittelschwer und bestehen aus schluffigem Lehm. Der Schluffgehalt nimmt im Unterboden stark zu. Der Bodentyp ist ein Tschernosem der Praterterrasse. In Bezug auf die Wasserversorgung ist der Boden durch eine hohe Speicherkraft und eine mäßige Durchlässigkeit gekennzeichnet. Die Wassersättigung wird bei 45 Vol % erreicht, die Feldkapazität bei 35 Vol % in der Krume. Die nutzbare Wasserkapazität liegt bei 18 Vol %.

Die Nährstoffversorgung kann bei Phosphor und Kalium überwiegend als sehr hoch eingeschätzt werden. Die Analysewerte ergaben für Phosphor 50 bis 55 mg (als P_2O_5) und für Kalium 45 bis 50 mg (als K_2O). In Anlehnung an die „Richtlinien der sachgerechten Düngung“ kann eine Einstufung der Analysewerte für Phosphor und Kalium in die Gehaltsklasse E (Versorgungsstufe sehr hoch) erfolgen. Die Bodenreaktion ist schwach alkalisch bei einem pH-Wert von 7,3 bis 7,9.

Beschreibung des Bodenprofils (BMLF, 1972):

- A 1 (0-25 cm): lehmiger Schluff, humos (2,6 %), stark kalkhaltig (14,3 %), deutlich mittelkrümelig, stark mittelporös, leicht zerdrückbar, gut durchwurzelt, graubraune Farbe.
- A 2 (25-55 cm): lehmiger Schluff, humos (2,3 %), stark kalkhaltig (24,2 %), deutlich mittelkrümelig, mittelporös, leicht zerdrückbar, gut durchwurzelt.

- AC (55-70 cm): lehmiger Schluff, schwach humos (0,8 %), stark kalkhaltig (38,6 %), deutlich feinkblockig, mittelporös, leicht zerdrückbar, wenig durchwurzelt.
- C 1 (70-100cm): sandiger Schluff, stark kalkhaltig (30,7 %), undeutlich feinkblockig, stark mittelporös, leicht zerdrückbar, wenig durchwurzelt, ockerbraune Farbe.
- C 2 (ab 110 cm): Sand, stark kalkhaltig, ohne Struktur, nicht durchwurzelt.

Witterung

In der folgenden Abbildung sind die Monatsniederschlagssummen und die Monatsmitteltemperaturen im Vegetationsjahr 2011 und im langjährigen Durchschnitt der meteorologischen Station Groß Enzersdorf dargestellt.

Auffällig waren die im Jahr 2011 gegenüber den langjährigen Mittelwerten in Groß Enzersdorf deutlich höheren Niederschlagsmengen im Monat Juli und die geringeren Niederschlagsmengen im Monat September. Die Aufbereitung der Daten erfolgte nach Vorlage des Klimadiagramms nach Walter und Lieth.

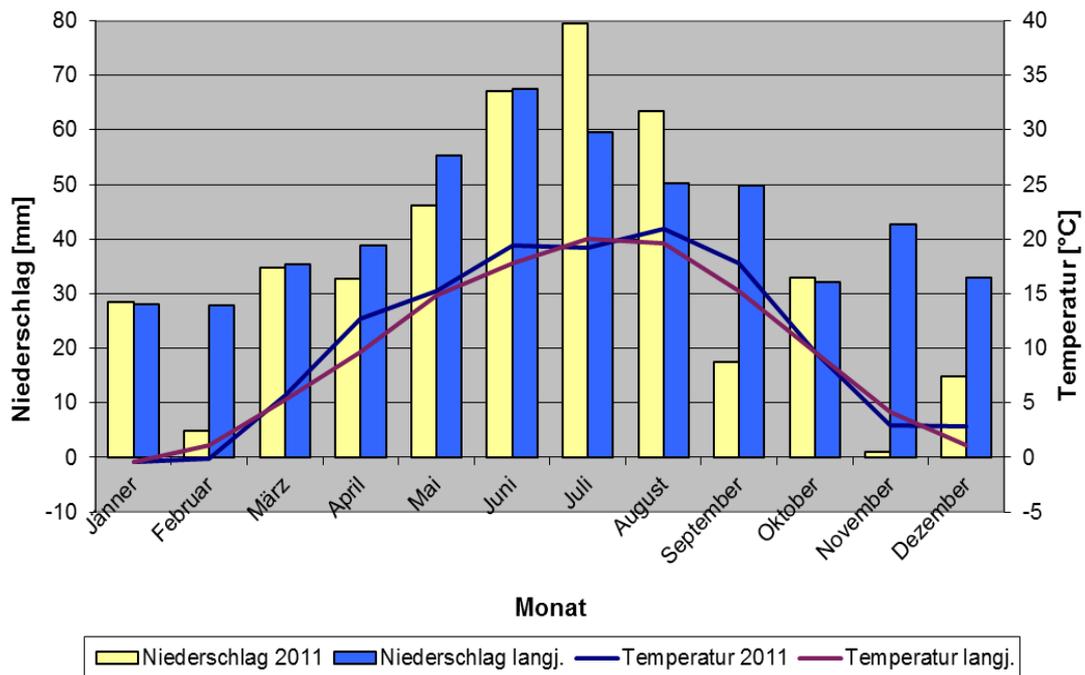


Abb. 4: Monatsniederschlagssummen und Monatsmitteltemperaturen im Vegetationsjahr 2011 und im langjährigen Durchschnitt der meteorologischen Station Groß Enzersdorf

3.1.3. Sortenbeschreibung

Im Feldversuch wurden die Sorten Epsilon 68, Fedora 17, Felina 32, Felina 32 Nachbau (NB), Ferimon, Futura 75, Santica 27 und Uso 31 angebaut.

Im Allgemeinen lassen sich die in Europa angebauten Sorten in zwei Formenkreise oder geographische Rassen einteilen, in den südlichen und in den mittlrussischen Formenkreis. Kreuzungen zwischen dem südlichen und mittlrussischen Formenkreis stellen die so genannten Übergangssorten dar, die fast ohne Ausnahme einhäusig oder so genannte Hybrid-Populationen sind.

Eine Vielzahl dieser Sorten wird in Doppelnutzung angebaut. Die Vegetationszeit bis zur männlichen Blüte beträgt 85 bis 95 Tage, bis zur Samenreife 115 bis 130 Tage. Hierzu gehören mit Ausnahme der Sorte Futura alle französischen Sorten (BóCSA und KARUS, 1997).

Nach BÓCSA und KARUS (1997) werden die Sorten wie folgt beschrieben:

Epsilon 68 ist eine spätreifende Sorte und stammt aus Frankreich.

Fedora 17 ist eine frühreifende, französische Sorte, die einen mittleren Stängelertrag und Fasergehalt aufweist. Aufgrund ihrer hohen Samenertragsfähigkeit ist die Sorte auch für die Samenproduktion gut geeignet. Die Züchter sind M. Arnoux und J.P. Mathieu.

Felina 32 ist eine monözische, mittelfrühe Sorte aus Frankreich, die sowohl für die Fasernutzung als auch zur Samenproduktion geeignet ist. Die Sorte weist neben einer hohen Stängelertragsfähigkeit und einem guten Fasergehalt, eine hohe Samenertragsfähigkeit auf. Die Züchter sind M. Arnoux und J.P. Mathieu.

Ferimon ist eine ebenfalls aus Frankreich stammende monözische Sorte. Der Stängel- und Faserertrag ist aufgrund ihrer frühen Reife eher mittelmäßig, der Fasergehalt jedoch gut. Der Samenertrag wird als sehr gut eingeschätzt. Der Züchter ist J.P. Mathieu.

Futura 75 ist eine monözische, spätreifende Sorte aus Frankreich, die aufgrund ihrer hohen Stängelertragsfähigkeit und ihres mittelmäßigen Fasergehaltes fast ausschließlich zur Fasernutzung angebaut wird. Der Züchter ist J.P. Mathieu.

Uso 31 gehört zur Gruppe der mittlrussischen Sorten. Der Faserertrag der Sorte ist in Qualität und Quantität geringer als jener der Sorten des südlichen Formenkreises. Die Samenertragsfähigkeit ist jedoch höher.

Die Sorten Fedora 17 und Felina 34 sind Hybrid-Populationen, die nach folgendem Schema hergestellt werden (BÓCSA, 2000):

Elterngeneration: Einhäusiger Vater x Zweihäusiger Mutter

F1: Unisexuelle Generation mit großer weiblicher Dominanz

F2: Einhäusiger Vater x Unisexueller Mutter (BC1)

F3: Verkaufssaatgut, oder nach Bedarf noch eine Rückkreuzung (BC2).

Nach DRESCHER (1996) sind die in den Sortennamen der französischen Sorten enthaltenen numerischen Werte als Reifeindexzahlen zu verstehen. Diese erlauben jedoch lediglich eine ungefähre Tendenz in Bezug auf den Abreifezeitpunkt und sind aus diesem Grund nicht in gleicher Art für die Einstufung der Reifeklassen geeignet wie beispielsweise die in der Klassifizierung von Maissorten angewendeten FAO-Zahlen.

3.2. Methoden

3.2.1. Keimfähigkeitsprüfung

Die Keimfähigkeitsprüfung des Saatgutes der ausgewählten Hanfsorten wurde nach der Faltefilter-Methode der ISTA (International Seed Testing Association) durchgeführt.

Das ISTA GERMINATION COMMITTEE (2009) sieht für die Keimfähigkeitsprüfung folgende Definition vor: „Unter der Keimung eines Samens im Laborversuch versteht man die Entwicklung des Keimlings bis zu einem Stadium, in dem das Aussehen seiner wichtigsten Teile anzeigt, ob er oder ob er nicht in der Lage ist, sich unter günstigen Bedingungen im Boden zu einer zufrieden stellenden Pflanze weiterzuentwickeln“.

Faltenfilter - Methode (PP = pleated paper)

Für die Beurteilung der Keimfähigkeit werden von jeder Sorte vier Wiederholungen mit jeweils 100 Körnern angesetzt und ausgewertet. Der Keimtest wird über eine Dauer von 14 Tagen durchgeführt. Das Ergebnis des Keimversuches wird aus dem Durchschnitt der vier Wiederholungen errechnet.

Der Keimtest wird mit Hilfe eines akkordeonähnlich gefalteten Filterpapierstreifens, der als Keimbett fungiert, durchgeführt.

Das mit Wasser angefeuchtete Filterpapier wird in eine Kunststofffasse gelegt. Jeweils sechs Samen werden in jeder Falte des Filterpapierstreifens platziert. Die Tassen werden mit einem Kunststoffdeckel abgedeckt, der jedoch am dritten Tag wieder entfernt wird.

Während der gesamten Versuchsdauer ist es wichtig, den Feuchtigkeitszustand des Keimbettes zu kontrollieren.



Abb. 5: Keimschale mit Faltenfilter
(Foto: Rößler, T.)

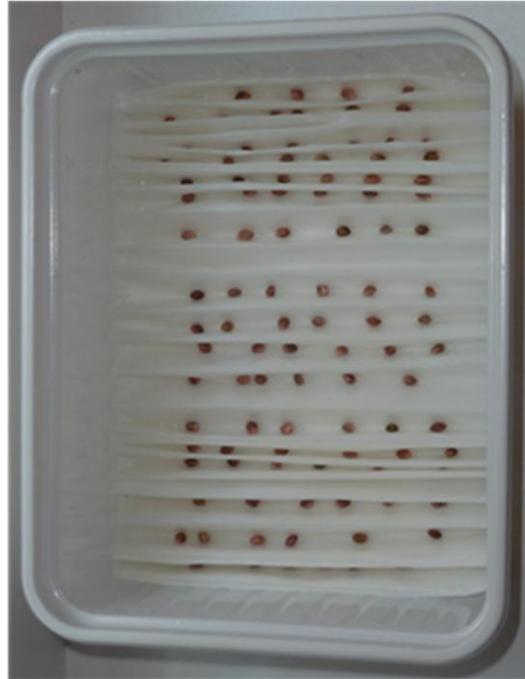


Abb. 6: Keimfähigkeitsprüfung nach
Faltenfiltermethode (PP)
(Foto: Rößler, T.)

Die Keimfähigkeit lässt sich ab dem vierten Tag beurteilen. Jene Keimlinge, bei denen die wichtigsten Teile wie Primärwurzel, Sprossachse und Keimblätter vollständig entwickelt sind, werden ausgezählt. Nach Abschluss des Keimversuches erfolgt eine Einteilung in normal oder anomal entwickelte Keimlinge und ungekeimte Samen.

Normale Keimlinge weisen die Fähigkeit auf, sich unter günstigen Bedingungen in Bezug auf die Licht- und Temperaturverhältnisse, die Wasserversorgung und die Bodenbeschaffenheit zu einer vitalen Pflanze weiterzuentwickeln.

Anomale Keimlinge zeigen in Folge einer physiologischen Störung, primären Infektion wie Fäulnis oder Beschädigung keine normale Entwicklung.

Zu den **ungekeimten Samen** zählen jene Samen, die unter den bei der Keimfähigkeitsbestimmung vorherrschenden Bedingungen nicht keimen oder am Ende der Untersuchungsperiode hart bleiben weil sie kein Wasser aufgenommen haben (GEYER, 2010).

Tab. 7: Keimfähigkeitsprüfung ausgewählter Hanfsorten nach ISTA – Methode

Sorte	Methode	Temperatur [°C]	Keimphase [d]	Wiederholung
Epsilon 68	PP	20 – 25	14	4 x 100
Fedora 17	PP	20 – 25	14	4 x 100
Felina 32	PP	20 – 25	14	4 x 100
Felina 32 NB	PP	20 – 25	14	4 x 100
Ferimon	PP	20 – 25	14	4 x 100
Futura 75	PP	20 – 25	14	4 x 100
Santica 27	PP	20 – 25	14	4 x 100
Uso 31	PP	20 – 25	14	4 x 100

3.2.2. Kulturführungsdaten Standort Hanfthal

Die Aussaat auf den zwei Versuchsfeldern erfolgte am 16. April 2011 durch den Landwirt Günther Schmid.

Um Unterschiede hinsichtlich der optimalen Saattechnik anführen zu können, wurde eine Versuchsfeld mit einer Drillsämaschine (Firma Reform) und die zweite mit einer Einzelkornsämaschine (Firma Gaspardo) angelegt.

Die Aussaatmenge der einzelnen Sorten auf der mittels Drillsaat angelegten Versuchsfeld wird in Tabelle 8 dargestellt.

Tab. 8: Aussaatmenge der in Hanfthal mittels Drillsaat angelegten Hanfsorten

Sorte	Saatstärke in kg/ha	Keimfähige Körner/m ²
Epsilon 68	30,93	152,5
Fedora 17	32,75	151,5
Felina 32	30,99	139,4
Felina 32 NB	32,84	153,9
Ferimon	30,37	181,1
Futura 75	30,32	145,9
Santica 27	29,09	145,1
Uso 31	34,79	117,7

Nach der Aussaat wurden die Körner mit einer Walze angedrückt um eine bessere Bodenhaftung zu erreichen.

Vor Anlage des Versuches lagen beide Flächen brach (Grünbrache). Die Saatbeetvorbereitung wurde mit einem Grubber durchgeführt.

Im Laufe der Vegetation erfolgten keine Dünge- und Pflanzenschutzmaßnahmen. Weiters wurde auf eine Unkrautbekämpfung und Bewässerung der Bestände verzichtet.

3.2.3. Kulturführungsdaten Standort Groß Enzersdorf

Der Versuch wurde am 29. April 2011 angelegt. Die Aussaat erfolgte mit einer Parzellen-Drillsämaschine (Typ Plotseed) der Firma Wintersteiger. Die ausgewählten Sorten wurden jeweils in einer Saatstärke von 50 Körnern/m² und 250 Körnern/m² angebaut.

Vorfrucht auf der Versuchsfläche war Sommerhafer. Nach der Ernte der Vorfrucht wurde der Boden mit einer Scheibenegge und einem Grubber bearbeitet. Vor der Aussaat der Versuchspartellen wurde das Saatbeet mit einer Kreiselegge aufbereitet.

Während der Vegetationsperiode wurden keine Dünge- und Pflanzenschutzmaßnahmen durchgeführt. Des Weiteren wurde auf eine Unkrautbekämpfung und Bewässerung des Bestandes verzichtet.

3.2.4. Versuchsanlage Standort Hanfthal

Der Versuch mit acht Sorten wurde vom verantwortlichen Landwirt auf beiden Versuchsflächen in Form einer Streifenanlage angelegt. Erst nach der Anlage des Versuches wurde um eine wissenschaftliche Begleitung ersucht. Durch das Anlegen von unechten Wiederholungen wurde versucht, die Fehler in der Versuchsanlage auszugleichen. Die Bruttogröße der Einzelpartellen betrug 120 m² (3 m x 40 m). Um

3.2.5. Versuchsanlage Standort Groß Enzersdorf

Der Versuch mit acht Sorten und jeweils zwei Saatstärken wurde als randomisierte Blockanlage mit drei Wiederholungen angelegt.

Die Versuchspartellen umfassten eine Bruttogröße von 18 m² (1,5 m x 12 m). Um mögliche Randeinwirkungen zu verhindern, wurde ein Mantel angelegt.

Die Versuchsanlage umfasste 54 Partellen und wies eine Gesamtfläche von 972 m² auf.

Saatstärke 50 K / m ²										Saatstärke 250 K / m ²									
3.	WH	Mantel	7	3	5	2	1	4	8	6	7	3	5	2	1	4	8	6	Mantel
2.	WH	Mantel	3	6	5	8	7	1	4	2	3	6	5	8	7	1	4	2	Mantel
1.	WH	Mantel	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	Mantel
N↓																			
Saatstärke 50 K / m ²										Saatstärke 250 K / m ²									
		Sorte	TKG in g	Aussaat in g									Sorte	TKG in g	Aussaat in g				
1		Epsilon 68	18,0	16,20		1		Epsilon 68	18,0	16,20			1	Epsilon 68	18,0	16,20			
2		Futura 75	18,7	16,83		2		Futura 75	18,7	16,83			2	Futura 75	18,7	16,83			
3		Fedora 17	17,4	15,66		3		Fedora 17	17,4	15,66			3	Fedora 17	17,4	15,66			
4		Santica 27	16,4	14,76		4		Santica 27	16,4	14,76			4	Santica 27	16,4	14,76			
5		Uso 31	16,4	14,76		5		Uso 31	16,4	14,76			5	Uso 31	16,4	14,76			
6		Felina 32	16,5	14,85		6		Felina 32	16,5	14,85			6	Felina 32	16,5	14,85			
7		Felina 32 NB	15,1	13,59		7		Felina 32 NB	15,1	13,59			7	Felina 32 NB	15,1	13,59			
8		Ferimon	15,6	14,04		8		Ferimon	15,6	14,04			8	Ferimon	15,6	14,04			

Abb. 9: Versuchsplan, Standort Groß Enzersdorf 2011

3.2.6. Datenerfassung

Zur Erfassung des Entwicklungsverlaufes der Hanfpflanzen wurden während der Vegetationsperiode an beiden Versuchsstandorten Erhebungen im Pflanzenbestand durchgeführt. Auf den Versuchsflächen in Hanfthal wurde an jeweils fünf Boniturterminen die Pflanzenzahl pro Quadratmeter ausgezählt. In Groß Enzersdorf

wurden an sechs Boniturterminen die Pflanzenzahl pro Quadratmeter und die Wuchshöhe bestimmt.

Erhebungen im wachsenden Pflanzenbestand Standort Hanfthal

- Pflanzenzahl pro Quadratmeter

Zur Ermittlung der Bestandesdichte wurden je Erhebungsparzelle an zwei Stellen jeweils zwei Laufmeter markiert und die Pflanzenzahl gezählt. Die Zählung der Pflanzen erfolgte an fünf verschiedenen Boniturterminen. Die Anzahl der Hanfpflanzen pro Quadratmeter wurde aus der gemittelten Pflanzenzahl innerhalb der vier Laufmeter errechnet und später auf Quadratmeter umgerechnet.

Erhebungen im wachsenden Pflanzenbestand Standort Groß Enzersdorf

- Pflanzenzahl pro Quadratmeter

Zur Bestimmung der Bestandesdichte wurde an sechs verschiedenen Boniturterminen die vorhandene Pflanzenzahl innerhalb eines $\frac{1}{4}$ m²-Rahmens ausgezählt. Der Rahmen wurde je Erhebungsparzelle an zwei unterschiedlichen Stellen positioniert. Die Zählung der Pflanzen erfolgte innerhalb der ersten und zweiten Wiederholung der Versuchsanlage. Die Anzahl der Hanfpflanzen pro Quadratmeter in einer Wiederholung wurde aus der gemittelten Pflanzenzahl der jeweiligen Zählung errechnet und dann auf Quadratmeter umgerechnet.

- Wuchshöhe

Die durchschnittliche Wuchshöhe der Hanfpflanzen wurde an fünf Boniturterminen mittels eines Maßstabes bestimmt. Der Maßstab wurde innerhalb jeder Erhebungsparzelle an zwei unterschiedlichen Stellen positioniert und die Wuchshöhe von jeweils zehn Pflanzen abgelesen. Die Messung der Wuchshöhe erfolgte innerhalb der ersten und zweiten Wiederholung der Versuchsanlage.

Tab. 9: Boniturplan über die Erhebungen im wachsenden Pflanzenbestand 2011

Erhobener Parameter	Messmethode	Groß Enzersdorf	Hanfthal
Feldaufgang	Zählung	12.05.	16.05.
Bestandesdichte	Zählung	30.05., 20.06., 14.07., 10.08., 22.09.	16.06., 13.07., 03.08., 05.09.
Wuchshöhe	Messung mittels Maßstab	30.05., 20.06., 14.07., 10.08., 22.09.	

3.2.7. Ernte

Um Unterschiede in der Pflanzen- und Ertragsentwicklung bestimmen zu können, erfolgte die Ernte der am Standort Hanfthal in Einzelkornsaat angelegten Versuchspartzellen an drei Terminen. Die händische Quadratmeterernte wurde in zeitlicher Abstimmung mit der Mähdruschernte durchgeführt. Der erste Erntetermin wurde am 05. September 2011 festgelegt. Als weitere Termine für die Ernte wurden der 19. September und der 03. Oktober 2011 gewählt. Die Ernte des Restbestandes erfolgte am 07. und 22. September 2011 mit dem Mähdrescher. Zum dritten Erntetermin wurde der Restbestand aufgrund des starken Ausfalls der Hanfsamen nicht mehr geerntet.

Die Versuchsfläche in Groß Enzersdorf wurde hingegen nur zu einem Erntetermin, am 22. September 2011 geerntet um die Ertragsfähigkeit der ausgewählten Sorten bestimmen zu können.

3.2.7.1. Erntedurchführung Standort Hanfthal

Innerhalb jeder Erhebungspartzelle wurden in zweifacher Wiederholung 1,5 m² geerntet. Mit Hilfe eines Maßstabes wurden drei Reihen mit jeweils zwei Laufmetern markiert und die vorhandenen Pflanzen mit einer Sichel fünf Zentimeter über dem Boden abgeschnitten. Die Hanfpflanzen wurden gebündelt und mit dem Samenstand

voran in einen Papiersack verpackt. Die Papiersäcke wurden beschriftet und an den Feldrand gebracht. Anschließend wurden die Bündel an die Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf transportiert.

Die mittels Drillsaat angelegten Versuchspartellen wurden nur zum zweiten Erntetermin geerntet.



Abb. 10: Händische Quadratmeterernte am Standort Hanfthal (Foto: Rößler, T.)

3.2.7.2. Erntedurchführung Standort Groß Enzersdorf

In den Erhebungspartellen der ersten Wiederholung wurde jeweils ein Quadratmeter geerntet. Mit Hilfe eines Rahmens aus Holz wurde ein Quadratmeter abgegrenzt und die darin befindlichen Pflanzen mit einer Sichel fünf Zentimeter über dem Boden abgeschnitten. Die geernteten Hanfpflanzen der jeweiligen Erhebungspartellen wurden anschließend gebündelt und etikettiert.

3.2.7.3. Ertragsermittlung

- Wiegung des Erntegutes

Die geernteten Hanfpflanzen wurden im Bündel mit Hilfe einer elektronischen Waage auf Gramm genau abgewogen. Anschließend wurde die Anzahl der Stängel innerhalb eines Bündels gezählt.

- Drusch und Reinigung der Samen

Der Drusch der geernteten Hanfpflanzen erfolgte mittels eines Parzellenmähdreschers (Typ Delta) der Firma Wintersteiger im Standbetrieb. Der Mähdrescher wurde mit den einzelnen Pflanzenbündeln händisch beschickt. Die ausgedroschenen Hanfsamen wurden separat aufgefangen und abgesackt.

Das gewonnene Hanfstroh wurde zum Trocknen im Glashaus der Versuchswirtschaft aufgelegt.

Anschließend wurden die mit Staub, leeren Samenhüllen und Strohteilen verunreinigten Samen mit Hilfe von Rundlochsieben und eines Labor-Steigsichters gereinigt. Die gereinigten Hanfsamen wurden mit einer elektronischen Waage auf Gramm genau gewogen und jeweils rund 100 g bei 105 °C im Trockenschrank 24 Stunden bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Danach wurden die Samen erneut abgewogen.

- Drusch des Hanfstrohs (Schwingen)

Das im Glashaus getrocknete Hanfstroh wurde abgewogen und mit dem Parzellenmähdrescher im Standbetrieb gedroschen. Um eine optimale Trennung der Fasern und Schäben zu erzielen, wurden die einzelnen Bündel jeweils dreimal gedroschen. Die gewonnenen Faserbündel wurden anschließend gewogen.



Abb. 11: Drusch von Hanfstroh (Foto: Rößler, T.)

3.2.8. Verarbeitung und Qualität

Zur Ölgehaltsbestimmung der untersuchten Hanfsorten wurden die Samenkörner mittels einer Ölpresse der Firma NOWAKORN in Heidenreichstein gepresst.

Der Ölgehalt der am Standort Hanfthal zum ersten und zweiten Mähdruschtermin geernteten Hanfsamen wurde ermittelt. Von jeder Sorte wurden etwa fünf Kilogramm mit einer elektronischen Waage der Marke Soehnle (Typ S20 2761, geeicht) abgewogen. Die gewogenen Samenkörner wurden mit einer Schneckenpresse gepresst. Das gewonnene Hanföl wurde in einem Messbecher aufgefangen. Nach jeder Sorte wurde die Presse gereinigt. Anschließend wurde die Masse und das Volumen des Hanföles bestimmt. Das Hanföl wurde in 250 ml-Glasflaschen abgefüllt.

3.2.8.1. Ölertrag

Die Erträge aus der Versuchsbeerntung der ersten beiden Erntetermine wurden mit der jeweiligen Ölausbeute auf einen Ölertrag in Liter je Hektar hochgerechnet.

3.2.9. Mathematisch statistische Verrechnung der Daten

Die statistische Verrechnung der erfassten Daten erfolgte mit dem Statistikprogramm R Version 2.4.0.

Das Statistikprogramm R wurde 1992 von Ross Ihaka und Robert Gentleman zur statistischen Analyse von Daten und deren grafischer Darstellung in Anlehnung an die Programmiersprache S entwickelt. R ist unter den Bedingungen der GNU (General Public Licence) als freie Software verfügbar und wird ständig erweitert.

Die erhobenen Daten wurden mittels ANOVA (ANalysis Of VAriance), Korrelationsanalyse und t-Test statistisch ausgewertet.

Tab. 10: Beurteilung der Ergebnisse statistischer Analysen

P-Werte	Irrtums- wahrscheinlichkeit	Interpretation	Symbol
$P < 0,001$	0,1 %	hoch signifikant	***
$0,001 \geq P \leq 0,01$	0,1-1 %	signifikant	**
$0,01 \geq P \leq 0,05$	1-5 %	signifikant	*
$0,05 < P \leq 0,10$	5-10 %	tendenziell	.
$P > 0,10$	>10 %	nicht signifikant	n.s.

Bei der statistischen Verrechnung der am Standort Hanfthal erhobenen Daten wurde für wichtige Parameter wie dem Einfluss der Sorte auf den Samen- und Faserertrag der zweite Erntetermin herangezogen, da in Hanfthal zu diesem Zeitpunkt üblicherweise die Ernte stattfindet.

4. Ergebnisse

Die Versuchsanlage in Hanfthal umfasste acht Hanfsorten, die in Drill- und Einzelkornsaat angebaut wurden. An der Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf wurden die gleichen Sorten in zwei Saatstärken (50 und 250 Körner/m²) gesät. Während des Wachstums- und Entwicklungsverlaufes wurden wichtige Parameter, wie die Bestandesdichte und Wuchshöhe erhoben.

Die Ernte des Pflanzenbestandes am Standort Hanfthal erfolgte in drei Zeitstufen. Die Versuchsfläche am Standort Groß Enzersdorf wurde hingegen nur zum zweiten Erntetermin geerntet.

Die statistische Verrechnung der erfassten Daten erfolgte mit dem Statistikprogramm R Version 2.4.0. Die Daten wurden mittels ANOVA (Typ „I“), Korrelationsanalyse und t-Test ausgewertet. Die graphische Aufbereitung der Ergebnisse wurde mit R und MS Excel 2003 durchgeführt.

4.1. Keimfähigkeit

Die Prüfung der Keimfähigkeit der untersuchten Hanfsorten erfolgte nach der Faltenfilter-Methode der ISTA (International Seed Testing Association).

Von jeder Sorte wurden vier Wiederholungen mit jeweils 100 Samenkörnern angelegt und ausgewertet. Der Keimtest wurde über einer Dauer von 14 Tagen durchgeführt. Nach Abschluss des Keimversuches erfolgte eine Einteilung in normal, anomal oder nicht gekeimte Samen.

Tab. 11: Ergebnisse der Keimfähigkeitsprüfung in % und Zuordnung in die Kategorien normal, anomal oder nicht gekeimte Samen

Sorte	Anzahl Samen (von 400 je Sorte)			Keimfähigkeit in %	mittlere Keimdauer in Tagen
	normal	anomal	nicht gekeimt		
Epsilon 68	355	0	45	89	6,7
Fedora 17	322	46	32	81	5,9
Felina 32	297	0	103	74	6,8
Felina 32 NB	283	81	36	71	5,5
Ferimon	372	0	28	93	5,8
Futura 75	360	4	36	90	6,7
Santica 27	327	13	60	82	6,7
Uso 31	222	109	69	56	6,0

Die Keimfähigkeit und die mittlere Keimdauer der untersuchten Sorten wurden aus dem Mittelwert der vier Wiederholungen errechnet. Die Sorte Ferimon wies eine sehr hohe Keimfähigkeit von 93 % auf. Die Keimfähigkeit der Sorte Uso 31 war mit 56 % besonders gering. Bei der Sorte Felina 32 war ein hoher Anteil an nicht gekeimten Samen ersichtlich. Die Sorten Felina 32 Nachbau und Uso 31 zeigten hingegen einen hohen Anteil an anomal entwickelten Keimlingen.

Die mittlere Keimdauer der untersuchten Sorten betrug 5,5 bis 6,8 Tage. Die Berechnung der mittleren Keimdauer einer Probe wurde wie folgt durchgeführt:

Beispiel

am 4. Tag 12 gekeimte Samen => $4 \times 12 = 48$

am 5. Tag 26 gekeimte Samen => $5 \times 26 = 130$

am 6. Tag 39 gekeimte Samen => $6 \times 39 = 234$

am 7. Tag 14 gekeimte Samen => $7 \times 14 = 98$

Summe 91 gekeimte Samen => 510

$510 : 91 = 5,60$

=> mittlere Keimdauer der Probe: 5,6 Tage.

In Abbildung 12 werden die Ergebnisse aus der Keimfähigkeitsprüfung der untersuchten Hanfsorten graphisch dargestellt.

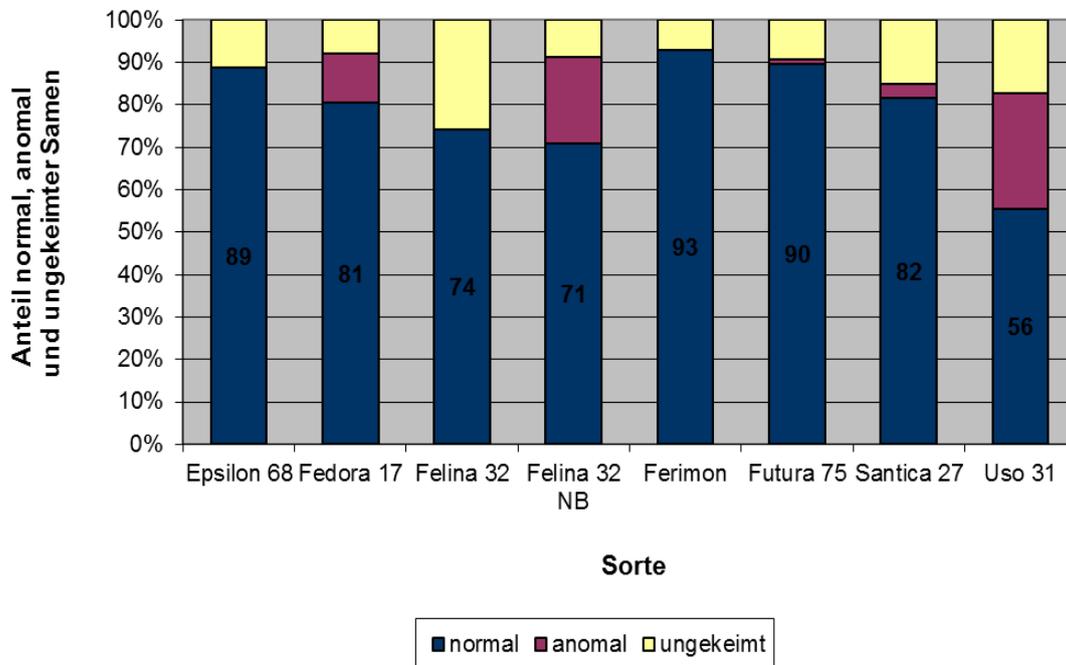


Abb. 12: Ergebnisse der Keimfähigkeitsprüfung in %

Die statistische Verrechnung der Daten zeigt, dass die Sorten hinsichtlich der Keimfähigkeit einen hoch signifikanten Unterschied (ANOVA; $F=30,463$; $P=1,892 \cdot 10^{-10}$) aufwiesen.

4.2. Feldaufgang

4.2.1. Feldaufgang Standort Hanfthal

Der Feldaufgang (Pflanzenzahl pro Quadratmeter) wurde zum ersten Boniturtermin ausgezählt. Für die erfassten Daten wurden der Mittelwert, die Standardabweichung sowie der obere und untere Grenzwert ermittelt.

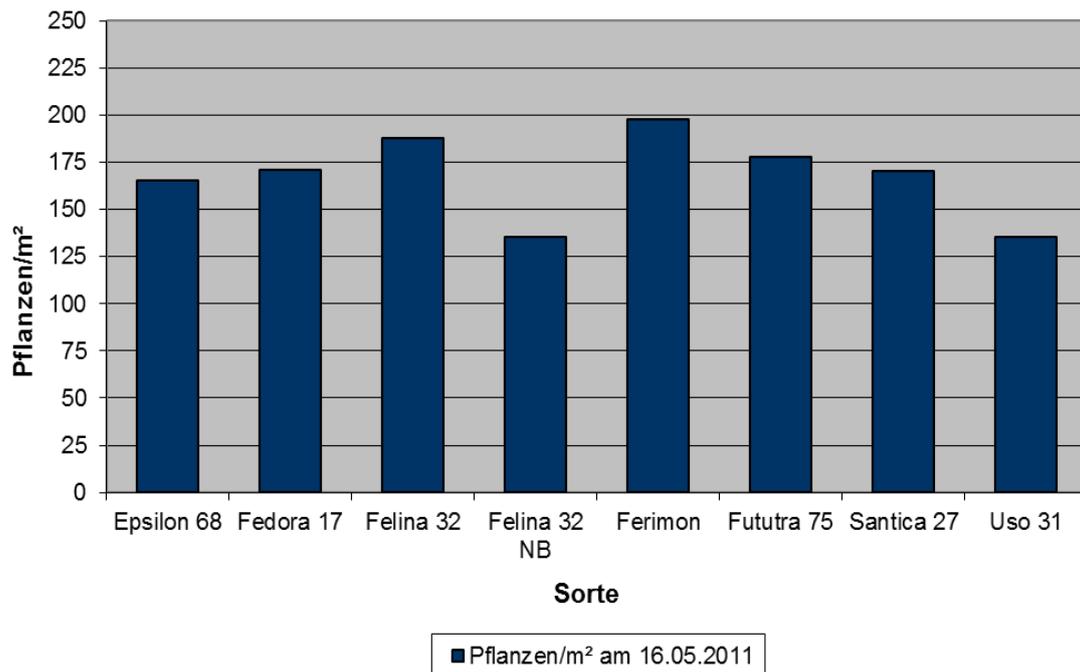


Abb. 13: Feldaufgang (Pflanzen/m²), Standort Hanfthal 2011

Am Standort Hanfthal wurde im Feldaufgang ein Mittelwert von 167,6 errechnet. Die Standardabweichung betrug 22,4. Der obere Grenzwert lag bei 190,0 und der untere Grenzwert bei 145,2.

Der Feldaufgang der Sorten Felina 32 Nachbau und Uso 31 war besonders niedrig, wie in Abbildung 13 ersichtlich. Die Sorte Ferimon hingegen wies einen besonders hohen Feldaufgang auf.

4.2.2. Feldaufgang Standort Groß Enzersdorf

Der Feldaufgang wurde zum ersten Boniturtermin bestimmt. Für die erhobenen Daten wurden in weiterer Folge der Mittelwert, die Standardabweichung sowie der obere und untere Grenzwert ermittelt. Die beiden unterschiedlichen Saatstärken von 50 und 250 Körner/m² wurden getrennt ausgewiesen.

Für die in einer **Saatstärke von 50 Körnern/m²** angebauten Sorten wurde ein Mittelwert von 34,13 errechnet. Die Standardabweichung betrug 4,9. Der obere Grenzwert lag bei 39,0 und der untere Grenzwert bei 29,2.

Wie in Abbildung 14 dargestellt, wies die Sorte Fedora 17 einen besonders niedrigen Feldaufgang auf. Die Sorte Uso 31 zeigte hingegen einen hohen Feldaufgang.

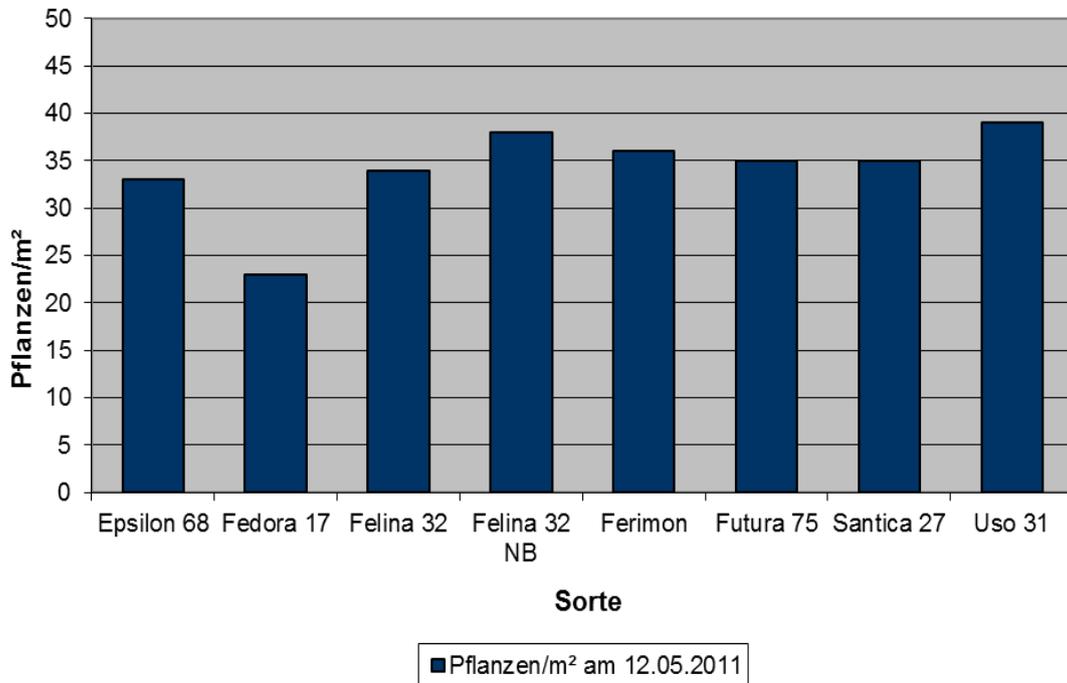


Abb. 14: Feldaufgang (Pflanzen/m²) bei einer Saatstärke von 50 Körnern/m², Standort Groß Enzersdorf 2011

Der Mittelwert der in einer **Saatstärke von 250 Körnern/m²** gesäten Sorten betrug 173,0. Die Standardabweichung lag bei 26,2. Der obere Grenzwert wurde bei 199,2 und der untere Grenzwert bei 146,8 festgelegt.

Wie in Abbildung 15 dargestellt, war der Feldaufgang bei der Sorte Felina 32 Nachbau besonders niedrig. Die Sorten Epsilon 68 und Ferimon wiesen einen besonders hohen Feldaufgang auf.

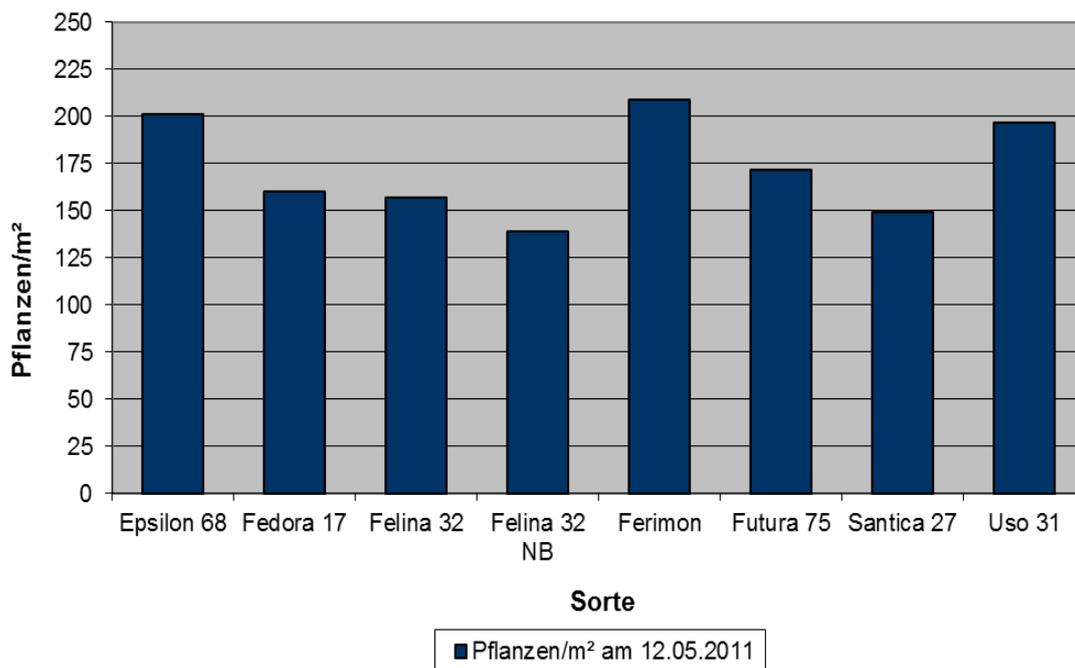


Abb. 15: Feldaufgang (Pflanzen/m²) bei einer Saatstärke von 250 Körnern/m², Standort Groß Enzersdorf 2011

4.3. Wachstums- und Entwicklungsverlauf

4.3.1. Beschreibung des Wachstums- und Entwicklungsverlaufes

Der Wachstums- und Entwicklungsverlauf von Hanfpflanzen kann durch die Anwendung eines Dezimalcodes beschrieben werden.

In der Literatur sind unterschiedliche Varianten eines solchen Dezimalcodes angeführt. Die aussagekräftigsten Systeme zur Beschreibung des Entwicklungsverlaufes von Hanfpflanzen stellen jedoch die BBCH-Skala nach HACK et al. (1992) und der Dezimalcode für Wachstumsstadien von Hanf nach MEDIAVILLA et al. (1999) dar.

Beide Systeme, die im Kapitel Material und Methoden bereits näher erläutert wurden, weisen sowohl Vor- als auch Nachteile auf.

Vor- und Nachteile der BBCH-Skala nach HACK et al. (1992)

Ein Vorteil der BBCH-Skala besteht darin, dass diese in Zusammenarbeit mehrerer Institutionen, die sehr praxisorientiert arbeiten, verfasst wurde. Des Weiteren werden die jeweiligen Entwicklungsschritte der Pflanze sehr genau erfasst. Die Skala ist auf 9 Makrostadien und 99 Mikrostadien, die eine präzise Beschreibung des Entwicklungsverlaufes ermöglichen, aufgebaut. Die BBCH-Skala wurde für eine Vielzahl von Pflanzenarten individuell erstellt.

Für die Bestimmung der Wachstums- und Entwicklungsstadien bei Hanfpflanzen steht jedoch keine individuelle Dezimalskala zur Verfügung, was einen wesentlichen Nachteil darstellt. Eine Anpassung der allgemein anwendbaren BBCH-Skala an den Entwicklungszyklus von Hanf ist erforderlich.

Vor- und Nachteile des Dezimalcodes für Wachstumsstadien von Hanf nach MEDIAVILLA et al. (1999)

Der von MEDIAVILLA et al. (1999) verfasste Dezimalcode weist den Vorteil auf, dass dieser in Anlehnung an bereits bestehende Systeme speziell für Hanfpflanzen entwickelt wurde.

Die einzelnen Entwicklungsschritte wurden individuell an den Lebenszyklus von Hanfpflanzen angepasst. Weiters berücksichtigt der Dezimalcode die Häufigkeit und das Geschlecht der Pflanze. Die Entwicklungsstadien von männlichen, weiblichen und zwittrigen Pflanzen werden getrennt dargestellt.

Ein Nachteil des Systems besteht darin, dass diese Art der Darstellung der Entwicklungsstadien eher unüblich ist. Des Weiteren weist dieser Dezimalcode im Vergleich zur BBCH-Skala nur vier Hauptwachstumsstadien auf.

Tabelle 12 zeigt einen Vergleich der beiden Systeme. Die einzelnen Entwicklungsstadien aus dem Dezimalcode nach MEDIAVILLA et al. (1999) werden jenen der BBCH-Skala nach HACK et al. (1992) gegenübergestellt.

Tab. 12: Vergleich von Dezimalcode für Wachstumsstadien von Hanf nach MEDIAVILLA et al. (1999) und BBCH-Skala nach HACK et al. (1992)

Dezimalcode nach MEDIAVILLA et al. (1999)	Definition	BBCH-Skala nach HACK et al. (1992)	Definition
0001	Erscheinen der Wurzel	05	Keimwurzel aus dem Samen ausgetreten
0003	Entfalten der Keimblätter	09	Auflaufen: Keimblätter durchbrechen Bodenoberfläche
1002	1. Blattpaar	11	1. Laubblatt bzw. Blattpaar oder Blattquirl entfaltet
1004	2. Blattpaar	12	2. Laubblatt bzw. Blattpaar oder Blattquirl entfaltet
1006	3. Blattpaar	13	3. Laubblatt bzw. Blattpaar oder Blattquirl entfaltet
1018	9. Blattpaar	19	9. oder mehr Laubblätter bzw. Blattpaare oder Blattquirle entfaltet
2000	GV-Punkt (Wechsel der Blattstellung)	51	Blütenanlagen bzw. -knospen sichtbar
2001	Blütenprimordia (Geschlecht unerkennbar)	55	Erste Einzelblüten sichtbar (geschlossen)
2100 / 2200 / 2300 / 2303	Blütenbildung (geschlossene Blüten) / Blütenbildung (Kelche, keine Narben) / Weibliche Blütenbildung (Kelche, keine Narben) / Männliche Blütenbildung (geschlossene Blüten)	59	Erste Blütenblätter sichtbar, Blüten noch geschlossen
2101 / 2201 / 2301	Beginn der Blüte (erste, offene Blüten) / Beginn der Blüte (erste Narben) / Beginn der weiblichen Blüte (erste Narben)	60	Vereinzelt erste Blüten offen
2102 / 2202 / 2302	Blüte (50 % offene Blüten) / Blüte (50 % der Kelche ausgebildet) / weibliche Blüte (50 % der Kelche ausgebildet)	65	Vollblüte: 50 % der Blüten offen, erste Blütenblätter können fallen oder vertrocknen
2103	Ende der Blüte (95 % offene Blüten)	67	Abgehende Blüte: Mehrzahl der Blütenblätter abgefallen oder vertrocknet
2203 / 2305	Beginn der Samenreife (erste harte Samen)	81	Beginn der Reife bzw. Fruchtfärbung
2204 / 2306	Samenreife (50 % der Samen hart)	85	Fortschreiten der art- / sortentypischen Fruchtausfärbung
2205 / 2307	Ende der Samenreife (95 % der Samen hart oder ausgefallen)	89	Vollreife: Art- / Sortentypische Fruchtausfärbung erreicht. Früchte bzw. Fruchstände lösen sich relativ leicht

4.3.2. Wachstums- und Entwicklungsverlauf Standort Hanfthal

Der Wachstums- und Entwicklungsverlauf des Pflanzenbestandes lässt sich durch die während der Vegetationsperiode erhobenen Parameter beschreiben. Die dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf die Mittelwerte aus drei Wiederholungen.

Bestandesdichte

Bei dem mittels **Einzelkornsaat** angelegten Pflanzenbestand kam es zu einer Abnahme der Bestandesdichte während der Vegetationsperiode. Aufgrund der intraspezifischer Konkurrenz der Pflanzen kam es im Mittel aller acht Hanfsorten zu einer Ausdünnung des Pflanzenbestandes von 100 % am Beginn der Vegetationsperiode auf 72 % am 142. Tag nach der Aussaat. Durch das Ausweisen einer Trendlinie bei den Sorten Ferimon und Felina 32 Nachbau wird die Reduktion der Pflanzenzahl/m² im Laufe der Bestandesentwicklung verdeutlicht.

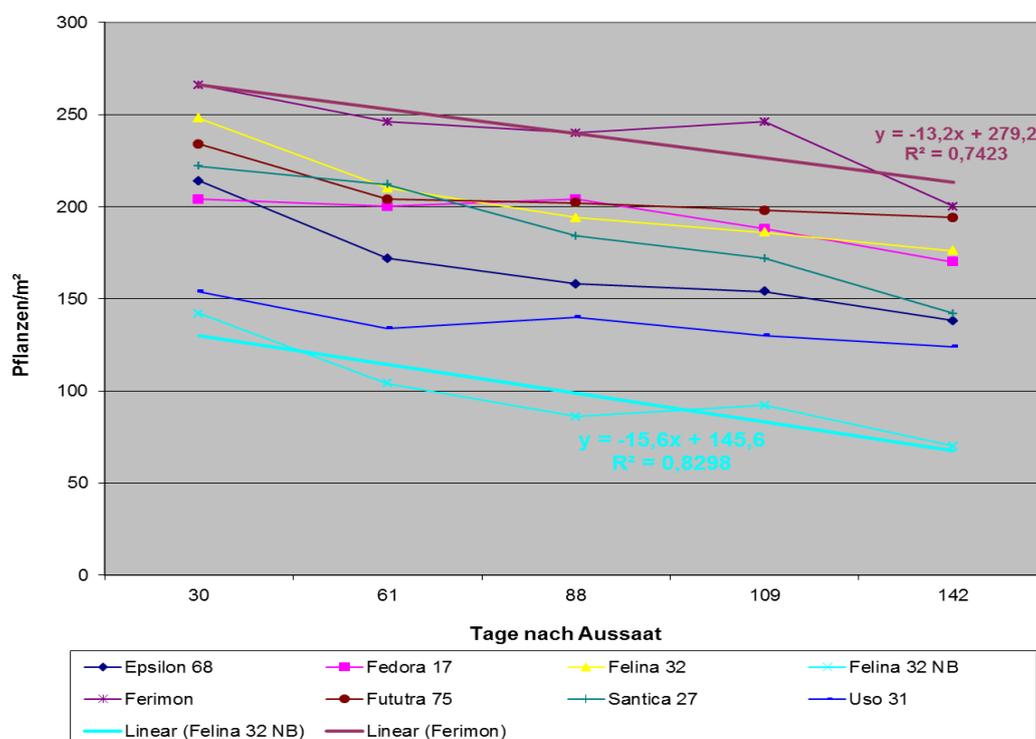


Abb. 16: Entwicklungsverlauf der mittels Einzelkornsaat gesäten Hanfsorten, Standort Hanfthal 2011

Das Ausmaß des Rückganges der Pflanzenzahl/m² war bei den einzelnen Sorten unterschiedlich. Die Sorte Felina 32 wies 30 Tage nach der Aussaat eine durchschnittliche Pflanzenzahl/m² von 248 auf. Am 88. Tag nach der Aussaat reduzierte sich die Pflanzenzahl/m² auf 192 und am 142. Tag auf 176. Die Bestandesdichte ging während des Entwicklungsverlaufes um 30 % zurück. Bei der Sorte Uso 31 betrug die durchschnittliche Pflanzenzahl/m² am 30. Tag nach der Aussaat 154, am 88. Tag 140 und am 142. Tag 124. Der Pflanzenbestand reduzierte sich um 20 %. Die Bestandesdichte der Sorten Epsilon 68 und Fedora 17 nahm während der Vegetationsperiode um 36 % ab.

Bei dem mittels **Drillsaat** angelegten Pflanzenbestand kam es ebenfalls zu einer Abnahme der Bestandesdichte während des Vegetationsverlaufes. Die Reduktion der Pflanzenzahl/m² fiel im Vergleich zu dem in Einzelkornsaat angebauten Hanfbestand stärker aus. Die zu Beginn der Vegetationsperiode festgestellte Bestandesdichte von 100 % ging auf 61 % zurück. Die ausgewiesenen Trendlinien der Sorten Felina 32 und Santica 27 zeigen einen steileren Verlauf.

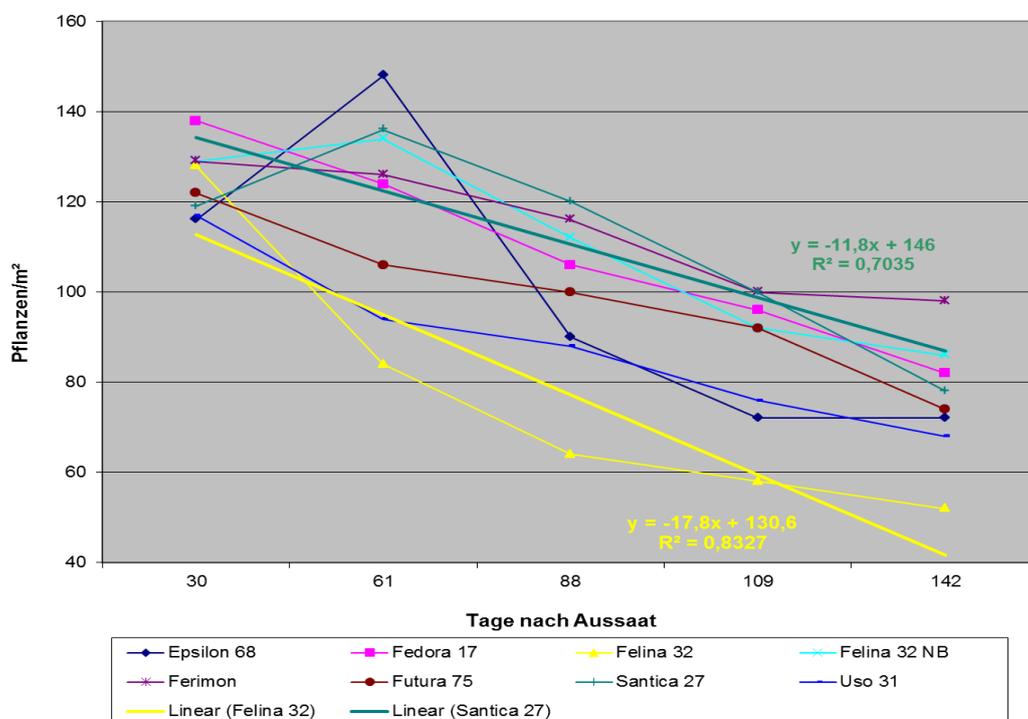


Abb. 17: Entwicklungsverlauf der mittels Drillsaat gesäten Hanfsorten, Standort Hanfthtal 2011

Das Ausmaß der Ausdünnung des Pflanzenbestandes während der Vegetationsperiode war sortenunterschiedlich. Die Sorte Fedora 17 wies am 30. Tag nach der Aussaat eine durchschnittliche Pflanzenzahl/m² von 138 auf. Am 88. Tag nach der Aussaat reduzierte sich die Pflanzenzahl/m² auf 106 und am 142. Tag auf 82. Die Bestandesdichte nahm während Vegetationsperiode um ca. 41 % ab.

Bei der Sorte Ferimon betrug die durchschnittliche Pflanzenzahl/m² am 30. Tag nach der Aussaat 129, am 88. Tag 116 und am 142. Tag 98. Der Pflanzenbestand reduzierte sich während des Vegetationsverlaufes um 25 %.

Bei den Sorten Futura 75 und Uso 31 ging die durchschnittliche Pflanzenzahl/m² im Laufe der Bestandesentwicklung um 39 % zurück. Eine auffällig hohe Ausdünnung des Pflanzenbestandes von 60 % war bei der Sorte Felina 32 zu erkennen.

Eine Ursache für die stärkere Abnahme der Bestandesdichte bei den in Drillsaat angelegten Hanfsorten ist in der stark aufgetretenen Verunkrautung des Bestandes durch verschiedene *Amaranthus*-Arten, Ackerdistel (*Cirsium arvense*), Weißer Gänsefuß (*Chenopodium album* L.) und Ackerwinde (*Convolvulus arvensis*) zu sehen.

4.3.3. Wachstums- und Entwicklungsverlauf Standort Groß Enzersdorf

Der Wachstums- und Entwicklungsverlauf des Pflanzenbestandes wird durch die während der Vegetationsperiode erfassten Parameter dokumentiert. Die angeführten Ergebnisse beziehen sich auf die Mittelwerte aus drei Wiederholungen.

Bestandesdichte

Bei den in einer **Saatstärke von 50 Körnern/m²** angelegten Versuchspartellen kam es am Beginn der Vegetationsperiode zu keiner intraspezifischen Konkurrenz. Bei Ansteigen der Konkurrenz war eine Reduktion der Pflanzenzahl/m² zu beobachten. Im weiteren Verlauf der Bestandesentwicklung pendelte sich die Pflanzenzahl auf einem gleichen Niveau ein. Die ausgewiesenen Trendlinien der Sorten Epsilon 68, Felina 32 Nachbau und Uso 31 zeigen einen flachen Verlauf.

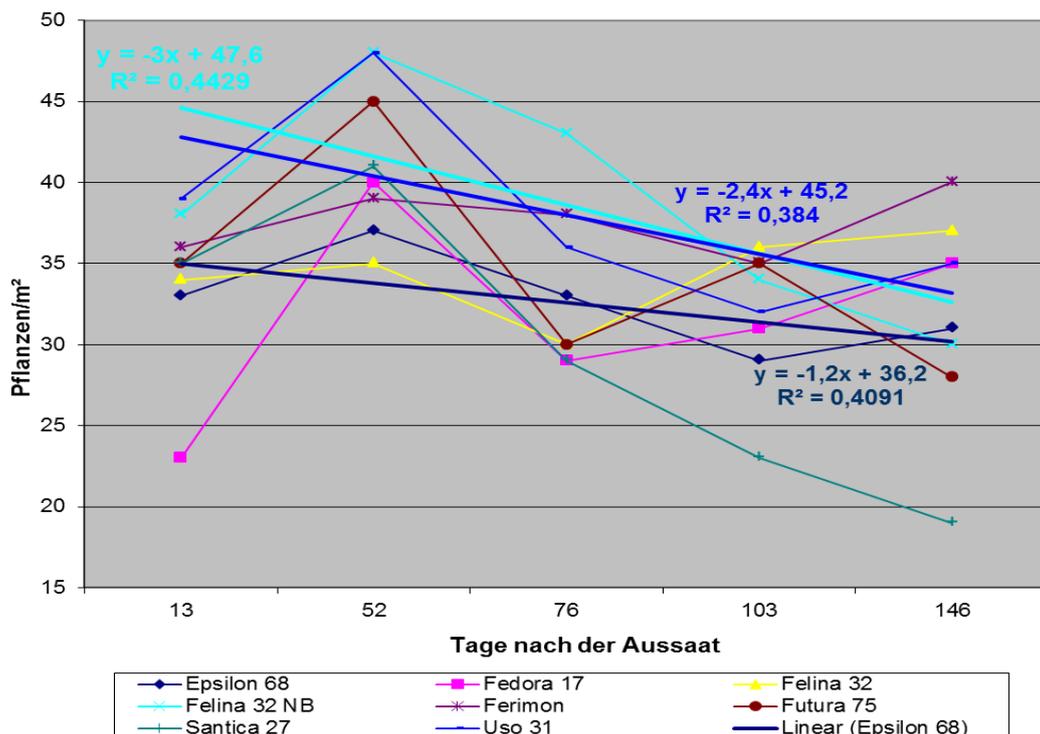


Abb. 18: Entwicklungsverlauf der in einer Saatstärke von 50 Körnern/m² gesäten Hanfsorten, Standort Groß Enzersdorf 2011

30 Tage nach der Aussaat betrug die durchschnittliche Pflanzenzahl/m² 34. An den letzten beiden Boniturterminen (103 und 146 Tage nach der Saat) lag die Pflanzenzahl/m² im Durchschnitt bei 32. Bei der Sorte Uso 31 ging die Bestandesdichte während des Entwicklungsverlaufes um 10 % zurück. Die Sorten Felina 32 Nachbau und Futura 75 wiesen eine Abnahme der Bestandesdichte im Laufe der Vegetationsperiode von 20 % auf. Bei der Sorte Santica 27 kam es zu einer besonders starken Ausdünnung des Pflanzenbestandes von 46 %.

Bei einer **Saatstärke von 250 Körnern/m²** kam es im Laufe der Bestandesentwicklung zu einer kontinuierlichen Ausdünnung des Pflanzenbestandes. Aufgrund der intraspezifischen Konkurrenz der Pflanzen reduzierte sich die durchschnittliche Pflanzenzahl/m² von 173 am Beginn der Vegetationsperiode auf 126 am 146. Tag nach der Aussaat. Die Bestandesdichte nahm während des Entwicklungsverlaufes um 27 % ab. Durch das Ausweisen einer Trendlinie bei den Sorten Felina 32 Nachbau und Uso 31 wird die kontinuierliche Reduktion des Pflanzenbestandes verdeutlicht.

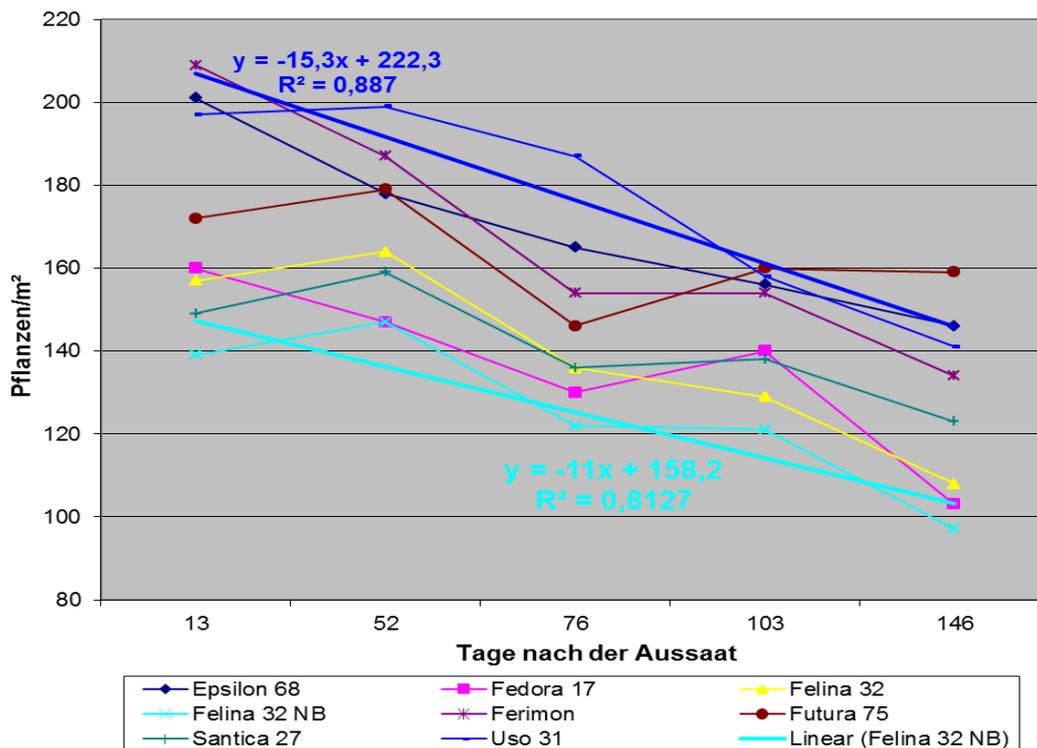


Abb. 19: Entwicklungsverlauf der in einer Saatstärke von 250 Körnern/m² gesäten Hanfsorten, Standort Groß Enzersdorf 2011

Das Ausmaß des Rückganges der Bestandesdichte war bei den einzelnen Hanfsorten unterschiedlich. Die Sorte Epsilon 68 wies 13 Tage nach der Aussaat eine durchschnittliche Pflanzenzahl/m² von 201 auf. Im Laufe der Bestandesentwicklung reduzierte sich die Pflanzenzahl/m² auf 165 am 76. Tag und auf 146 am 146. Tag nach der Aussaat. Die Bestandesdichte ging um 27 % zurück. Die Sorte Uso 31 zeigte eine Reduktion des Pflanzenbestandes von 29 %. Bei der Sorte Fedora 17 war eine auffällig starke Ausdünnung des Pflanzenbestandes von 36 % zu erkennen.

Wuchshöhe

Zwischen den einzelnen Boniturterminen wurden die Daten interpoliert.

Bei dem in einer **Saatstärke von 50 Körnern/m²** angelegten Pflanzenbestand traten innerhalb der acht Sorten nur geringe Unterschiede in der Wuchshöhe auf. Eine Differenzierung der Wuchshöhe war erst ab dem dritten Boniturtermin ersichtlich. Zu

diesem Zeitpunkt erreichte die Sorte Fedora 17 eine Wuchshöhe von 207 cm und die Sorte Santica 27 eine Wuchshöhe von 236 cm. Dies entspricht einer Differenz von 29 cm. Die Sorte Fedora 17 wies zum vierten Boniturtermin die geringste durchschnittliche Pflanzenhöhe mit 237 cm auf. Die größte durchschnittliche Wuchshöhe erreichte zu diesem Zeitpunkt die Sorte Uso 31 mit 261 cm.

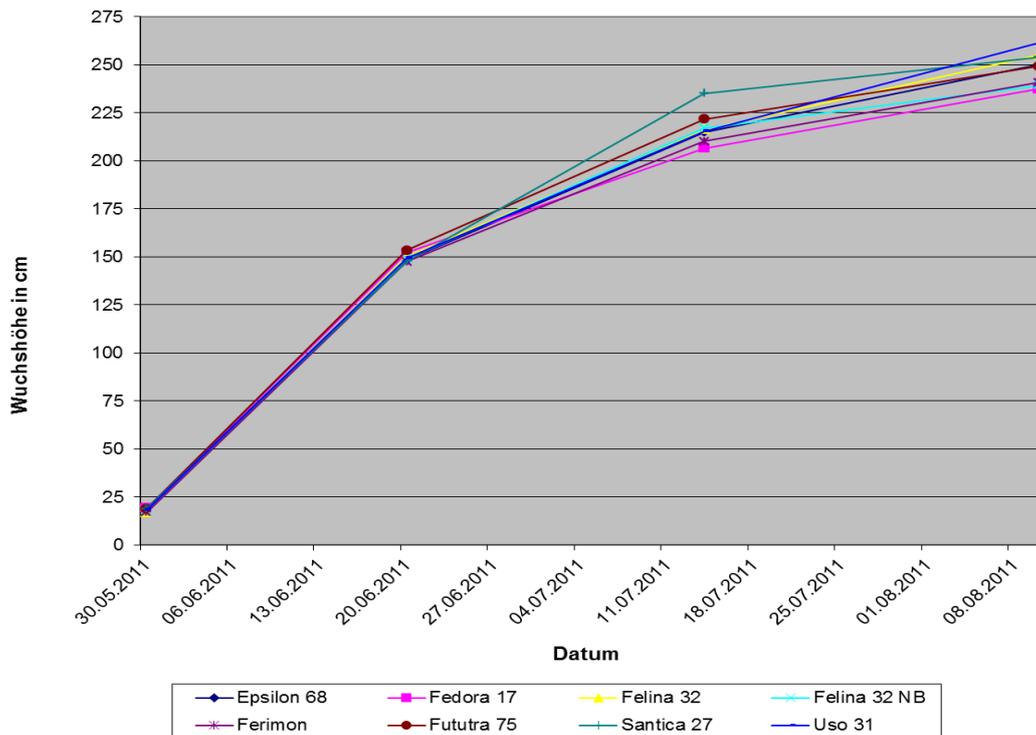


Abb. 20: Entwicklung der Wuchshöhe der in einer Saatstärke von 50 Körner/m² gesäten Hanfsorten, Standort Groß Enzersdorf 2011

Die durchschnittliche Wuchshöhe der acht Hanfsorten betrug zum ersten Boniturtermin 18 cm, zum zweiten Termin 149 cm und zum dritten Termin 217 cm. Zum vierten Boniturtermin erreichten die Hanfsorten eine durchschnittliche Pflanzenhöhe von 248 cm.

In der Periode bis zum ersten Boniturtermin zeigten die Pflanzen eine tägliche Zunahme der Pflanzenlänge von durchschnittlich 0,59 cm. Zwischen dem ersten und zweiten Boniturtermin lag der durchschnittliche Längenzuwachs bei 6,3 cm pro Tag. Die durchschnittliche tägliche Zunahme der Wuchshöhe betrug zwischen dem zweiten und dritten Boniturtermin 2,8 cm und zwischen dem dritten und vierten Boniturtermin 1,2 cm.

Die in einer **Saatstärke von 250 Körnern/m²** angebauten Hanfsorten wiesen ebenfalls nur geringe Unterschiede in der Wuchshöhe auf. Die geringste Pflanzenhöhe erreichte die Sorte Felina 32 mit 191 cm zum vierten Boniturtermin. Die Sorte Santica 27 wies hingegen die größte Wuchshöhe mit 213 cm auf.

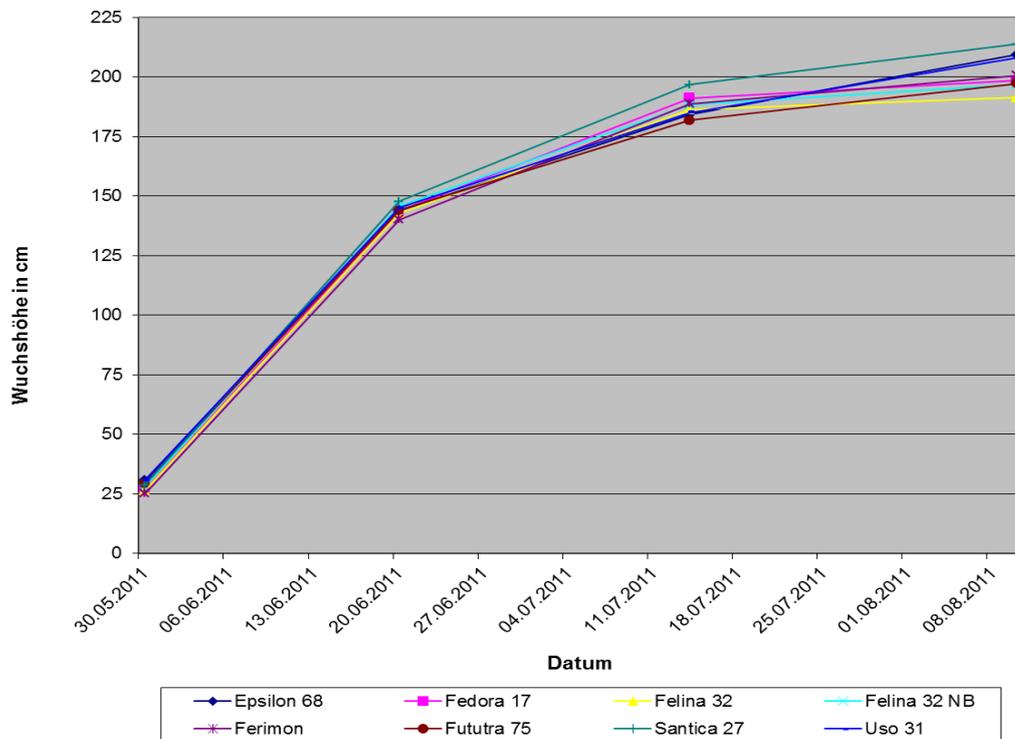


Abb. 21: Entwicklung der Wuchshöhe der in einer Saatstärke von 250 Körnern/m² gesäten Hanfsorten, Standort Groß Enzersdorf 2011

Die durchschnittliche Pflanzenhöhe der acht Hanfsorten betrug zum ersten Boniturtermin 28 cm, zum zweiten 144 cm und zum dritten 187 cm. Zum vierten Boniturtermin lag die durchschnittliche Wuchshöhe der Hanfsorten bei 202 cm.

In der Periode bis zum ersten Boniturtermin wurde ein täglicher Zuwachs der Pflanzenlänge von durchschnittlich 0,91 cm erzielt. Zwischen dem ersten und zweiten Boniturtermin betrug die durchschnittliche tägliche Zunahme der Pflanzenhöhe 5,5 cm. Der tägliche Längenzuwachs lag zwischen dem zweiten und dritten Boniturtermin bei durchschnittlich 1,8 cm und zwischen dem dritten und vierten Termin bei 0,5 cm.

Im Vergleich zu der niedrigeren Saatstärke (50 Körner/m²) wiesen die einzelnen Sorten eine geringere durchschnittliche Wuchshöhe auf. Betrachtet man die beiden

Mittelwerte aller Boniturtermine ergab sich eine Differenz von 45,9 cm in der Wuchshöhe.

Die Sorte Futura 75 beispielsweise erreichte bei einer Saatstärke von 50 Körnern/m² im Mittel aller Boniturtermine eine Wuchshöhe von 160,8 cm. Bei einer Saatstärke von 250 Körnern/m² wies die Sorte Futura 75 lediglich eine durchschnittliche Wuchshöhe von 110,5 cm auf.

4.4. Ernte und Ertrag

4.4.1. Samenertrag Standort Hanfthal

4.4.1.1. Samenertrag

Im Mittel aller in **Drillsaat** angebauten Hanfsorten wurde ein Samenertrag von 669,8 kg/ha erreicht. Den höchsten Samenertrag erzielte die Sorte Santica 27 mit 939,4 kg/ha. Die Sorten Felina 32 Nachbau wies hingegen den geringsten Samenertrag mit 534,2 kg/ha auf.

Der Samenertrag der in **Einzelkornsaat** angelegten Hanfsorten lag im Durchschnitt bei 740,1 kg/ha und war somit im Vergleich zu den in Drillsaat angebauten Sorten höher. Die Sorte Ferimon wies den höchsten Samenertrag mit 1030,3 kg/ha auf. Der geringste Samenertrag wurde bei der Sorte Fedora 17 mit 525,6 kg/ha ermittelt.

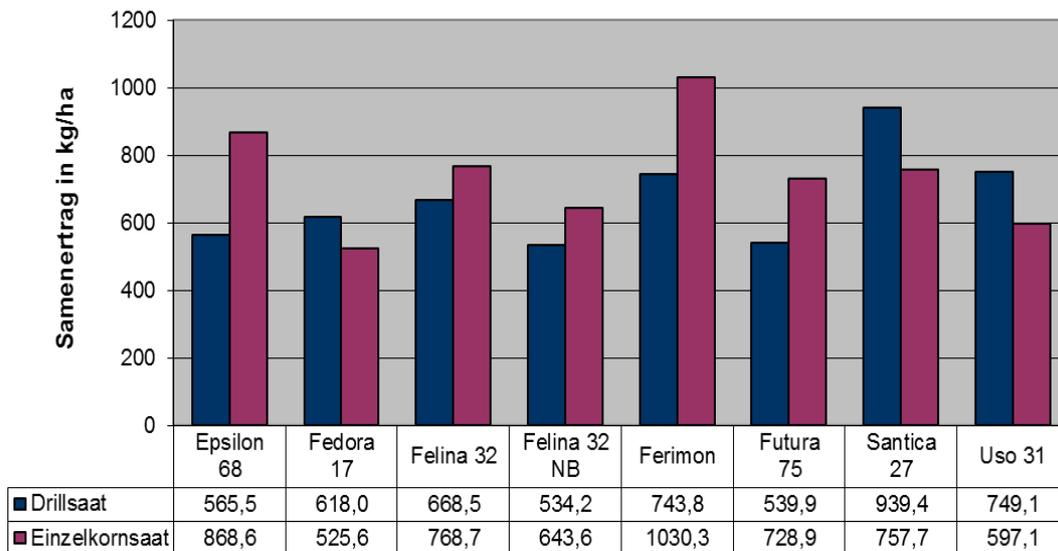


Abb. 22: Samenerträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten, Standort Hanfthäl 2011

Im Durchschnitt aller am Standort Hanfthäl angebauten Hanfsorten wurde ein Samenertrag von 704,9 kg/ha erreicht.

4.4.1.2 Einflüsse auf die Ertragsbildung der Hanfsamen

- Einfluss der Sorte auf den Samenertrag

Zur Bestimmung des Einflusses der einzelnen Sorten auf den Samenertrag wurden die erfassten Daten des zweiten Erntetermins herangezogen.

Die statistische Auswertung der Daten zeigt, dass die Sorten Felina 32 und Futura 75 einen geringen Unterschied hinsichtlich des Samenertrages aufwiesen.

Die Sorte Felina 32 unterschied sich von den Sorten Epsilon 68 und Felina 32 Nachbau mit einem P-Wert von 0,066. Die Sorte Futura 75 unterschied sich von der Sorte Felina 32 mit einem P-Wert von 0,050 und von der Sorte Epsilon 68 mit einem P-Wert von 0,091.

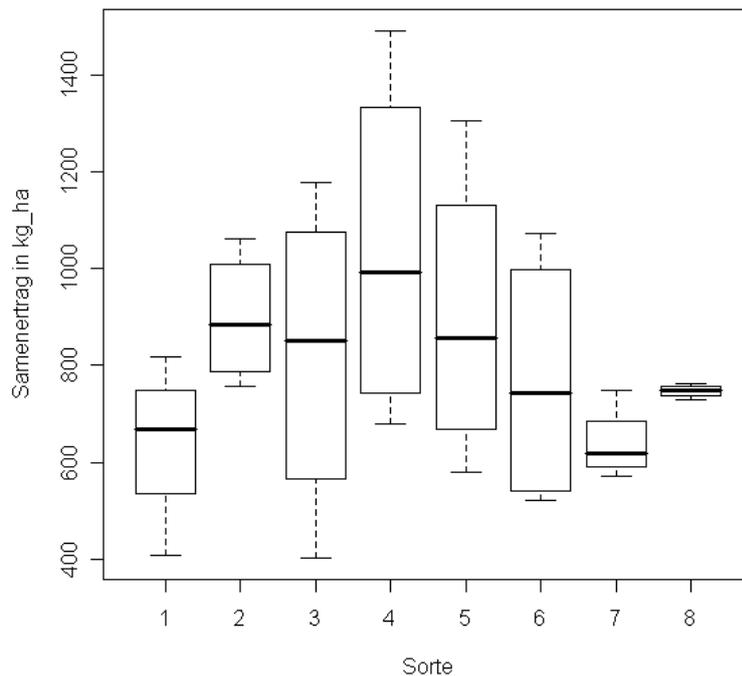


Abb. 23: Samenerträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten zum zweiten Erntetermin, Standort Hanfhal 2011

Tab. 13: Bezeichnung der in Abbildung 23 angeführten Hanfsorten

	1	2	3	4	5	6	7	8
Sorte	Felina 32 NB	Santica 27	Epsilon 68	Ferimon	Felina 32	Futura 75	Fedora 17	Uso 31

- Einfluss des Erntetermins auf den Samenertrag

Um Unterschiede im Samenertrag zwischen den einzelnen Ernteterminen bestimmen zu können, wurden die Daten des in Einzelkornsaat angelegten Pflanzenbestandes herangezogen.

Die drei ausgewählten Erntetermine unterschieden sich hoch signifikant (ANOVA; $F=40,108$; $P=9,998 \cdot 10^{-11}$) im Samenertrag. Im Mittel aller acht Sorten wurde zum ersten Erntetermin ein Samenertrag von 969 kg/ha erzielt. Der Samenertrag lag zum zweiten Erntetermin bei 944 kg/ha. Zum dritten Erntetermin konnte lediglich ein Samenertrag von 307 kg/ha festgestellt werden.

Bei den Sorten Epsilon 68, Fedora 17, Felina 32 Nachbau, Ferimon und Santica 27 kam es zu einer Abnahme des Samenertrages mit einem späteren Erntetermin, was den Rückschluss zulässt, dass bei diesen Sorten der optimale Zeitpunkt für die Ernte bereits um den ersten gewählten Erntetermin ist.

Bei den Sorten Felina 32, Futura 75 und Uso 31 kam es hingegen zu einer Steigerung des Samenertrages bis zum zweiten Erntetermin. Der dritte Erntetermin war aufgrund des hohen Ertragsausfalls zu spät angesetzt.

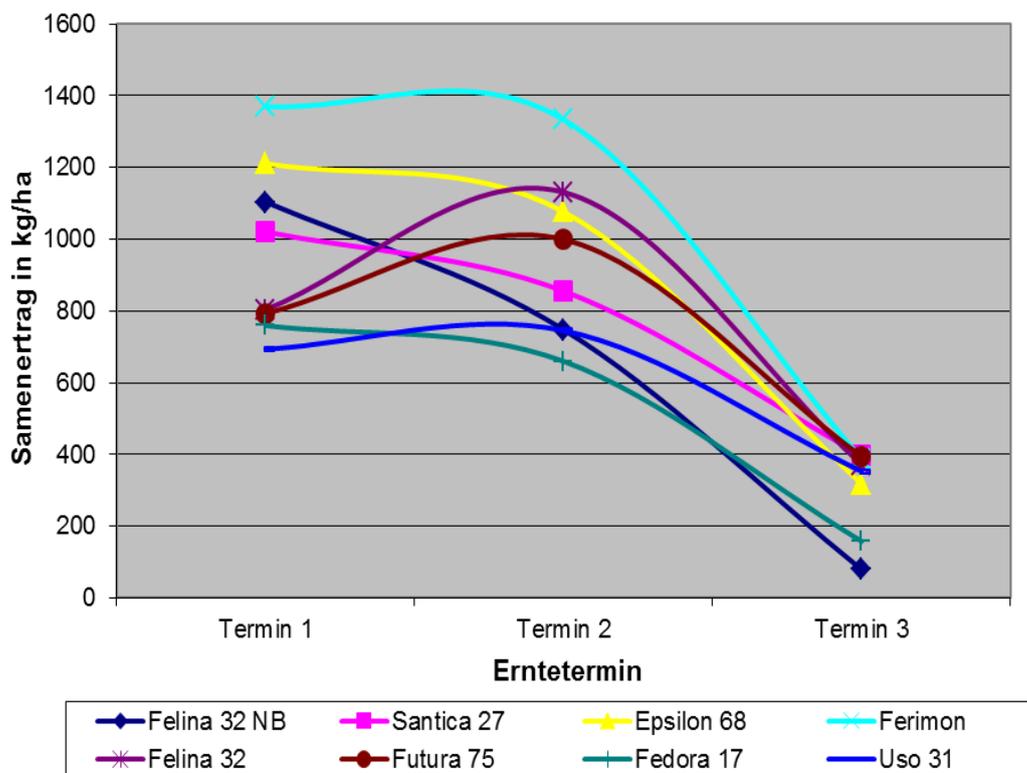


Abb. 24: Ertragsabfall der untersuchten Hanfsorten, Standort Hanfhal 2011

- Vergleich Drill- und Einzelkornsaat

Zur Bestimmung des Unterschiedes zwischen Drill- und Einzelkornsaat hinsichtlich des Samenertrages wurden die erhobenen Daten des zweiten Erntetermins mittels des t-Tests verrechnet.

Die statistische Verrechnung der Daten ergab einen t-Wert von -3,6581 und einen P-Wert von 0,001134. Für den in Drillsaat angelegten Pflanzenbestand wurde ein

Gruppenmittelwert von 670 kg/ha ermittelt. Die mittels Einzelkornsaat angelegten Sorten wiesen einen Gruppenmittelwert von 944 kg/ha auf.

Die starke Verunkrautung der in Drillsaat angelegten Versuchsfläche durch verschiedene *Amaranthus*-Arten, Ackerdistel (*Cirsium arvense*), Weißer Gänsefuß (*Chenopodium album* L.) und Ackerwinde (*Convolvulus arvensis*) stellt eine Ursache für den geringeren Samenertrag der einzelnen Sorten dar.

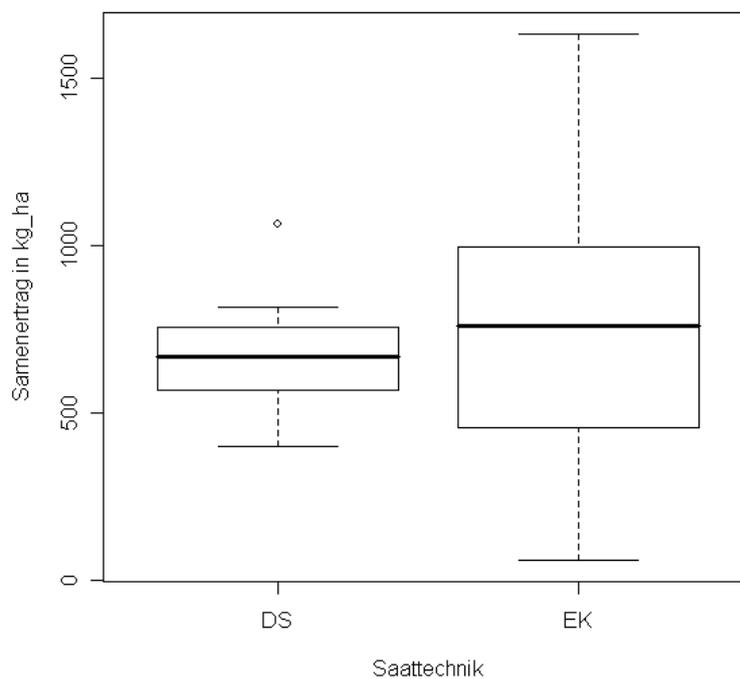


Abb. 25: Samenerträge in kg/ha bei unterschiedlicher Saattechnik, Standort Hanfthal 2011

4.4.2. Samenertrag Standort Groß Enzersdorf

4.4.2.1. Samenertrag

Im Durchschnitt aller in einer **Saatstärke von 50 Körnern/m²** angelegten Hanfsorten wurde ein Samenertrag von 776,2 kg/ha erzielt.

Den höchsten Samenertrag wies die Sorte Fedora 17 mit 1225,8 kg/ha auf. Die Sorte Felina 32 Nachbau hingegen zeigte mit 495,1 kg/ha den geringsten Samenertrag.

Die in einer **Saatstärke von 250 Körnern/m²** ausgesäten Hanfsorten wiesen einen Samenertrag von durchschnittlich 459,1 kg/ha auf. Der Samenertrag war im Vergleich zu den in einer Saatstärke von 50 Körnern/m² angelegten Sorten geringer. Die Sorte Felina 32 Nachbau erzielte den höchsten Samenertrag mit 654,5 kg/ha. Der geringste Samenertrag wurde bei der Sorte Santica 27 mit 177,4 kg/ha festgestellt.

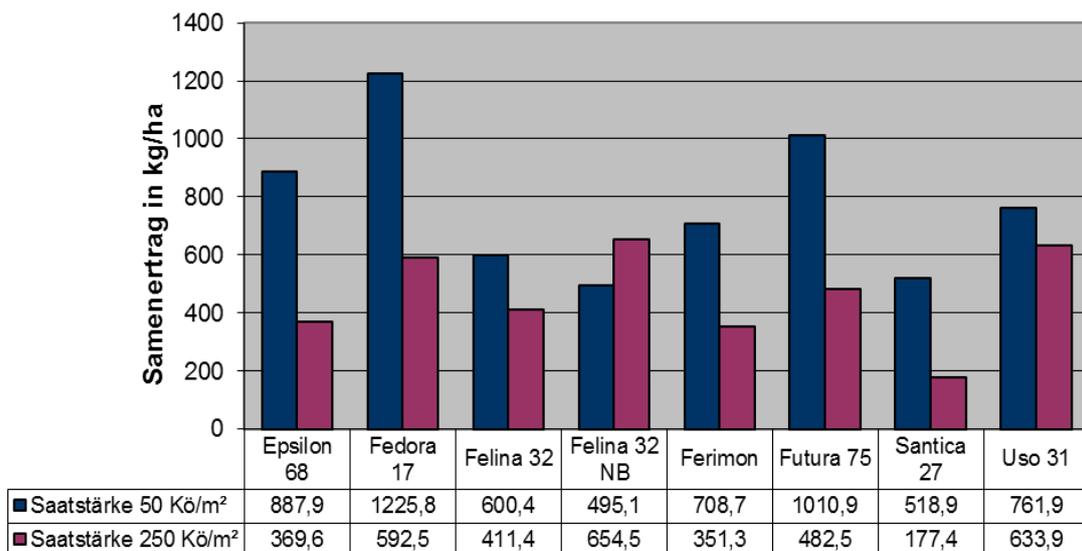


Abb. 26: Samenerträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten, Standort Groß Enzersdorf 2011

Im Mittel aller am Standort Groß Enzersdorf angebauten Hanfsorten konnte ein Samenertrag von 617,7 kg/ha ermittelt werden.

4.4.2.2. Einflüsse auf die Ertragsbildung der Hanfsamen

- Einfluss der Sorte auf den Samenertrag

Bei den einzelnen Sorten konnte kein signifikanter Unterschied (ANOVA; $F=0,7295$; $P=0,6547$) hinsichtlich des Samenertrages festgestellt werden.

- Einfluss der Saatstärke auf den Samenertrag

Die statistische Verrechnung der erfassten Daten ergab einen signifikanten Einfluss (ANOVA; $F=8,8136$; $P=0,01016$) der Saatstärke auf den Samenertrag.

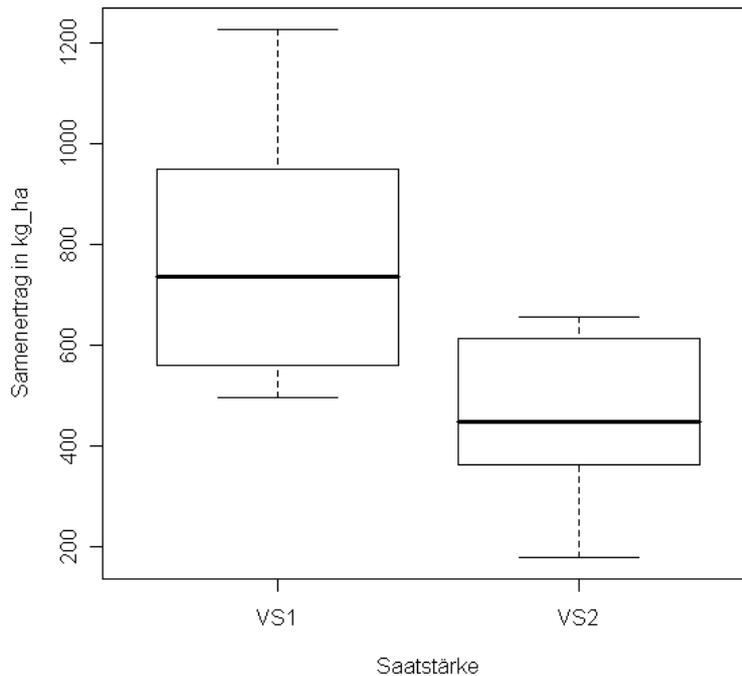


Abb. 27: Samenerträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten bei unterschiedlicher Saatstärke, Standort Groß Enzersdorf 2011

4.4.3. Restpflanzenertrag Standort Hanfthal

4.4.3.1 Faserertrag

Die in **Drillsaat** angelegten Hanfsorten wiesen im Durchschnitt einen Faserertrag von 2934,1 kg/ha auf. Die Sorte Santica 27 zeigte den höchsten Faserertrag mit 4418,8 kg/ha. Der geringste Faserertrag wurde bei der Sorte Epsilon 68 mit 2143,1 kg/ha ermittelt.

Der erzielte Faserertrag der in **Einzelkornsaat** angebauten Hanfsorten lag mit 4307,4 kg/ha über dem Faserertrag der in Drillsaat angelegten Sorten. Die Sorte

Felina 32 Nachbau wies den höchsten Faserertrag mit 5957,7 kg/ha auf. Der geringste Faserertrag konnte bei der Sorte Fedora 17 mit 2259,6 kg/ha festgestellt werden.

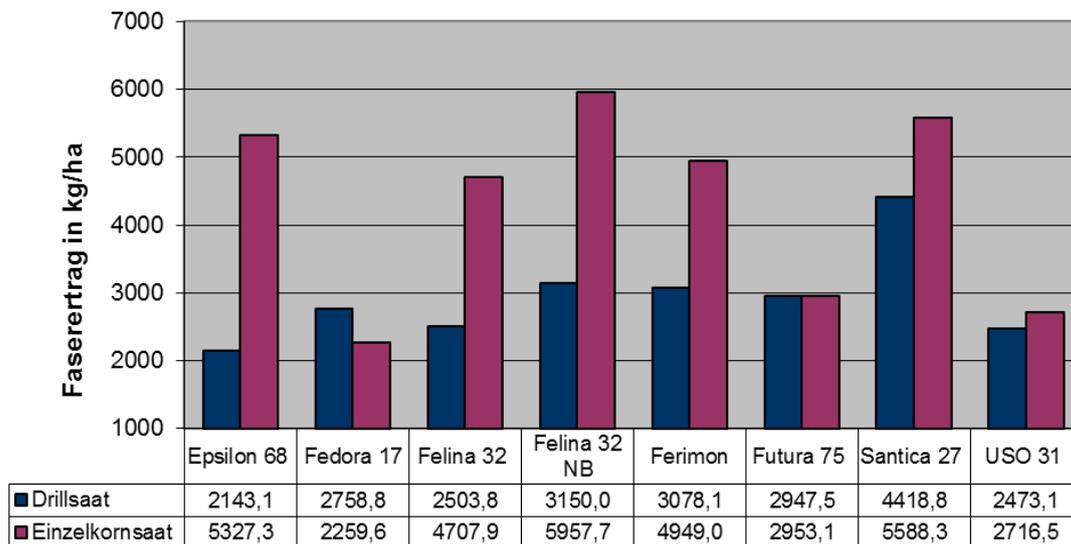


Abb. 28: Fasererträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten, Standort Hanfthäl 2011

Im Mittel aller am Standort Hanfthäl kultivierten Hanfsorten wurde ein Faserertrag von 3620,8 kg/ha erzielt.

4.4.3.2. Einflüsse auf die Ertragsbildung der Hanffasern

- Einfluss der Sorte auf den Faserertrag

Zur Bestimmung des Einflusses der einzelnen Sorten auf den Faserertrag wurden die erfassten Daten des zweiten Erntetermins herangezogen. In Bezug auf den Faserertrag konnte ein signifikanter Einfluss (ANOVA; $F=4,5569$; $P=0,00179$) der Sorten nachgewiesen werden.

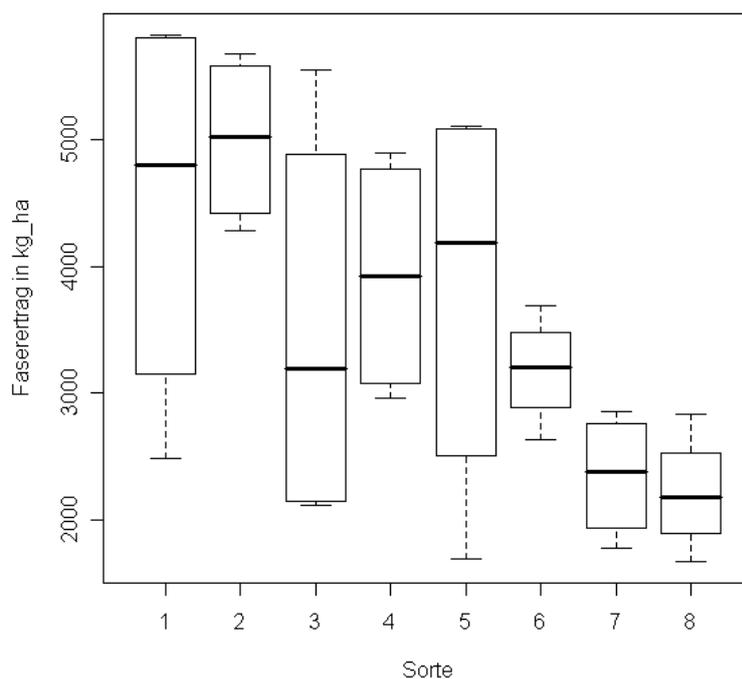


Abb. 29: Fasererträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten zum zweiten Erntetermin, Standort Hanfthal 2011

Tab. 14: Bezeichnung der in Abbildung 29 angeführten Hanfsorten

	1	2	3	4	5	6	7	8
Sorte	Felina 32 NB	Santica 27	Epsilon 68	Ferimon	Felina 32	Futura 75	Fedora 17	Usa 31

In Tabelle 15 sind die Signifikanzunterschiede der untersuchten Sorten im Faserertrag zu den drei ausgewählten Ernteterminen dargestellt.

Tab. 15: Signifikanzniveau der untersuchten Sorten im Faserertrag zu den einzelnen Ernteterminen, Standort Hanfthal 2011

Sorte	Epsilon 68	Fedora 17	Felina 32	Felina 32 NB	Ferimon	Futura 75	Santica 27	Uso 31
1. Erntetermin (ANOVA;F=5,2765;P=0,01609)								
Epsilon 68								
Fedora 17				*				
Felina 32								
Felina 32 NB		*				*		.
Ferimon								
Futura 75				*				
Santica 27								
Uso 31				.				
2. Erntetermin (ANOVA;F=2,9335;P=0,0228)								
Epsilon 68		**						**
Fedora 17	**		***	***	**	.	***	
Felina 32		***						***
Felina 32 NB		***						***
Ferimon		**						**
Futura 75	.	.	*	**			**	.
Santica 27		***						***
Uso 31	**		***	***	**	.	***	
3. Erntetermin (ANOVA;F=7,5477;P=0,00532)								
Epsilon 68		*				*		.
Fedora 17	*			*			*	
Felina 32								
Felina 32 NB		*				.		
Ferimon								
Futura 75	*			.			.	
Santica 27		*				.		.
Uso 31	.						.	

- Einfluss des Erntetermins auf den Faserertrag

Um Unterschiede im Faserertrag zwischen den einzelnen Ernteterminen bestimmen zu können, wurden die Daten des in Einzelkornsaat angelegten Pflanzenbestandes herangezogen. Im Faserertrag gab es keinen signifikanten Unterschied (ANOVA; $F=0,1608$; $P=0,852$) zwischen den einzelnen Ernteterminen. Der Faserertrag nahm jedoch mit einem späteren Erntetermin leicht zu. Im Mittel aller acht Sorten wurde zum ersten Erntetermin ein Faserertrag von 4269,6 kg/ha erzielt. Zum zweiten Erntetermin konnte ein Faserertrag von 4523,8 kg/ha festgestellt werden und zum dritten Termin lag der Faserertrag bei 4476,3 kg/ha.

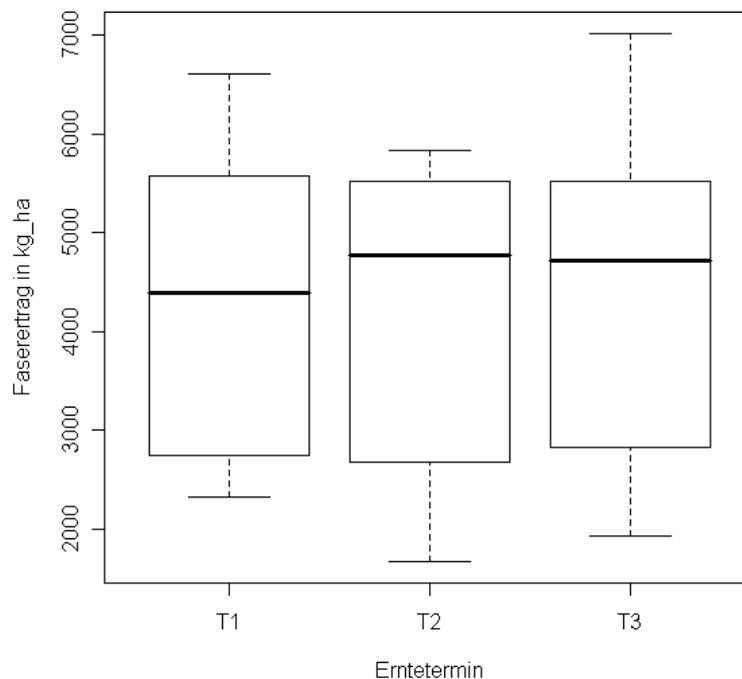


Abb. 30: Fasererträge in kg/ha der einzelnen Erntezeitstufen, Standort Hanfthal 2011

4.4.3.3. Schäbenertrag

Im Mittel aller in **Drillsaat** angebauten Hanfsorten wurde ein Schäbenertrag von 3795,8 kg/ha erreicht. Den höchsten Schäbenertrag wies die Sorte Futura 75 mit

4967,1 kg/ha auf. Die Sorte Epsilon 68 erzielte hingegen den geringsten Schäbenertrag mit 2718,4 kg/ha.

Die in **Einzelkornsaat** angelegten Hanfsorten wiesen einen Schäbenertrag von durchschnittlich 5732,4 kg/ha auf. Die Sorte Santica 27 erreichte den höchsten Schäbenertrag mit 7519,9 kg/ha. Den geringsten Schäbenertrag zeigte die Sorte Fedora 17 mit 3049,3 kg/ha.

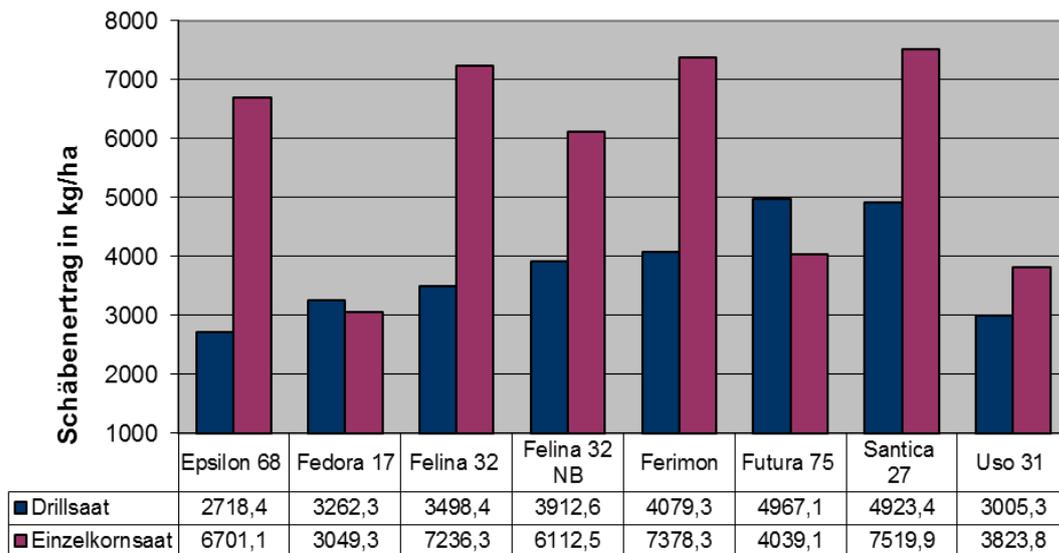


Abb. 31: Schäbenerträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten, Standort Hanfthal 2011

Im Durchschnitt aller am Standort Hanfthal angebauten Hanfsorten wurde ein Schäbenertrag von 4764,2 kg/ha festgestellt.

4.4.3.4 Einfluss auf die Ertragsbildung der Hanfschäben

- Einfluss der Sorte auf den Schäbenertrag

Die statistische Auswertung der Daten zeigt, dass die untersuchten Sorten zum ersten Erntetermin keinen signifikanten Unterschied (ANOVA; $F=2,8327$; $P=0,1090$) im Schäbenertrag aufwiesen. Zum zweiten und dritten Erntetermin konnte hingegen

ein signifikanter Unterschied (ANOVA; $F=8,116$; $P=0,0042$ und $F=13,341$; $P=0,0007$) im Schäbenertrag der einzelnen Sorten festgestellt werden.

In Tabelle 16 sind die Signifikanzunterschiede der untersuchten Sorten im Schäbenertrag zu den einzelnen Ernteterminen dargestellt.

Tab. 16: Signifikanzniveau der untersuchten Sorten im Schäbenertrag zu den einzelnen Ernteterminen, Standort Hanfthal 2011

Sorte	Epsilon 68	Fedora 17	Felina 32	Felina 32 NB	Ferimon	Futura 75	Santica 27	Uso 31
1. Erntetermin (ANOVA; $F=2,8327$; $P=0,1090$)	kein signifikanter Unterschied							
2. Erntetermin (ANOVA; $F=8,116$; $P=0,00420$)								
Epsilon 68								
Fedora 17			*		*		*	
Felina 32		*						*
Felina 32 NB								
Ferimon		*						*
Futura 75								
Santica 27		*						*
Uso 31			*		*		*	
3. Erntetermin (ANOVA; $F=13,341$; $P=0,00077$)								
Epsilon 68		**				**		*
Fedora 17	**		**	*	**		**	
Felina 32		**				**		.
Felina 32 NB		*				*		
Ferimon		**				**		*
Futura 75	**		**	*	**		**	
Santica 27		**				**		*
Uso 31	*		.		*		*	

4.4.4. Restpflanzenenertrag Standort Groß Enzersdorf

4.4.4.1. Faserertrag

Im Mittel aller in einer **Saatstärke von 50 Körnern/m²** angebauten Hanfsorten konnte ein Faserertrag von 2976,9 kg/ha festgestellt werden. Die Sorten Santica 27 wies den höchsten Faserertrag mit 4117,5 kg/ha auf. Den geringsten Faserertrag erzielte die Sorte Felina 32 Nachbau mit 1940,0 kg/ha.

Im Vergleich dazu war der Faserertrag der in einer **Saatstärke von 250 Körnern/m²** angelegten Hanfsorten höher. Im Durchschnitt wurde ein Faserertrag von 3759,4 kg/ha erzielt. Den höchsten Faserertrag wies die Sorten Felina 32 Nachbau mit 4533,8 kg/ha auf. Die Sorte Ferimon zeigte den geringsten Faserertrag mit 2776,3 kg/ha.

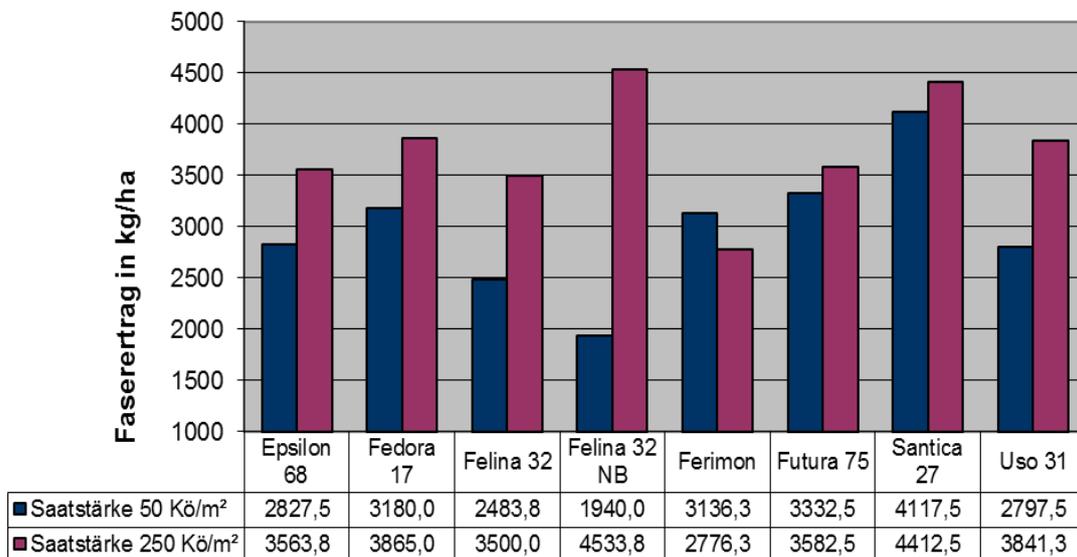


Abb. 32: Fasererträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten, Standort Groß Enzersdorf 2011

Im Durchschnitt aller am Standort Groß Enzersdorf gesäten Hanfsorten wurde ein Faserertrag von 3368,1 kg/ha erzielt.

4.4.4.2. Einflüsse auf die Ertragsbildung der Hanffasern

- Einfluss der Sorte auf den Faserertrag

In Bezug auf den Faserertrag konnte kein signifikanter Unterschied (ANOVA; $F=0,5395$; $P=0,7845$) zwischen den einzelnen Sorten festgestellt werden.

- Einfluss der Saatstärke auf den Faserertrag

Hinsichtlich der Saatstärke konnte ein signifikanter Einfluss (ANOVA; $F=6,8382$; $P=0,02037$) auf den Faserertrag nachgewiesen werden.

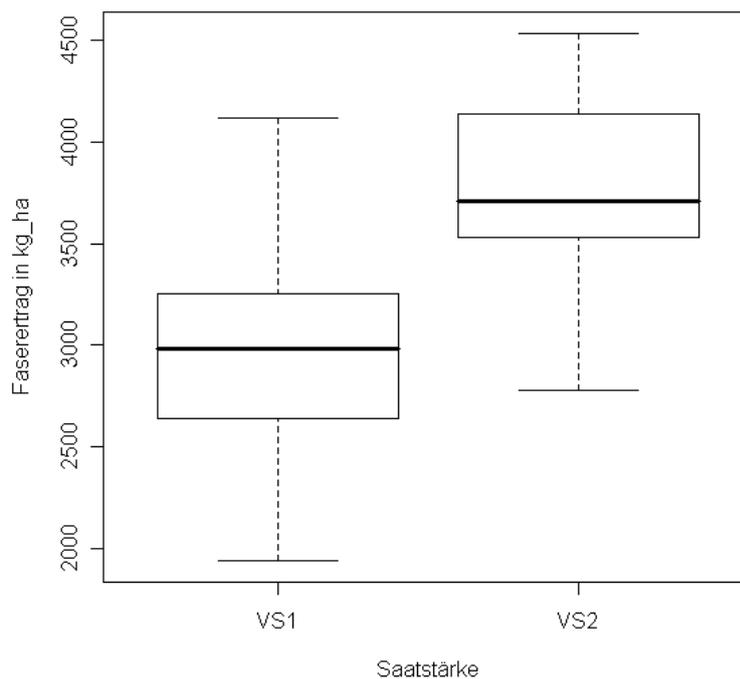


Abb. 33: Fasererträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten bei unterschiedlicher Saatstärke, Standort Groß Enzersdorf 2011

4.4.4.3. Schäbenertrag

Die in einer **Saatstärke von 50 Körnern/m²** angelegten Hanfsorten wiesen einen Schäbenertrag von durchschnittlich 4410,0 kg/ha auf. Die Sorte Uso 32 erzielte den höchsten Schäbenertrag mit 5182,3 kg/ha. Der geringste Schäbenertrag wurde bei der Sorte Felina 32 mit 2922,2 kg/ha festgestellt.

Im Mittel aller in einer **Saatstärke von 250 Körnern/m²** angebauten Sorten wurde ein Schäbenertrag von 4403,0 kg/ha ermittelt. Den höchsten Schäbenertrag wies die Sorte Felina 32 Nachbau mit 5655,4 kg/ha auf. Die Sorte Ferimon zeigte hingegen den geringsten Schäbenertrag mit 2624,9 kg/ha.

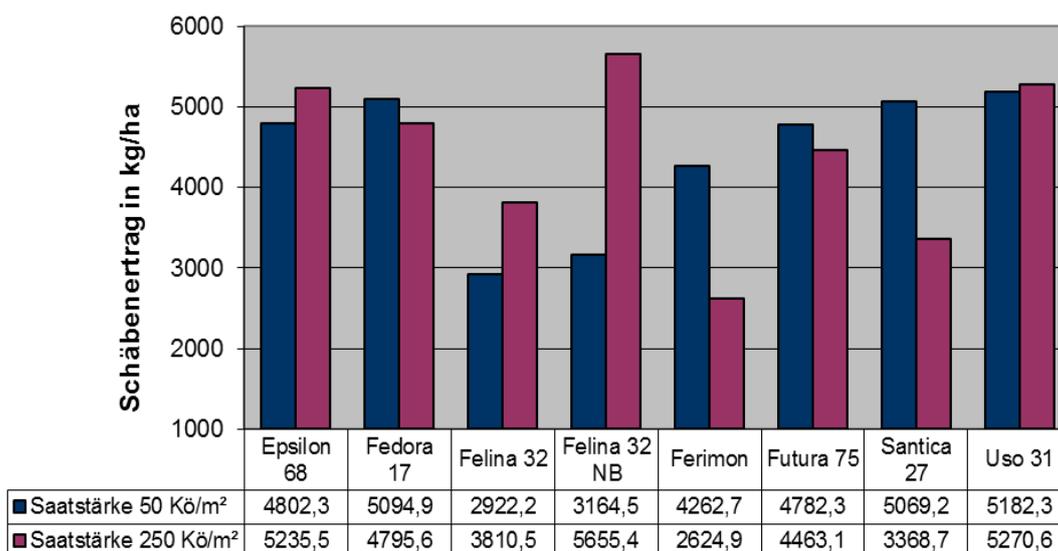


Abb. 34: Schäbenerträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten, Standort Groß Enzersdorf 2011

Im Durchschnitt aller am Standort Groß Enzersdorf angebauten Hanfsorten wurde ein Schäbenertrag von 4406,5 kg/ha ermittelt.

4.4.4. Einfluss auf die Ertragsbildung der Hanfschäben

- Einfluss der Sorte auf den Schäbenertrag

Die statistische Verrechnung der erfassten Daten zeigt, dass die untersuchten Sorten keinen signifikanten Unterschied (ANOVA; $F=1,2098$; $P=0,3941$) im Schäbenertrag aufwiesen.

4.5 Ölertrag

Im Mittel aller untersuchten Hanfsorten wurde zum **ersten Erntetermin** ein Ölertrag von 228,4 l/ha festgestellt. Die Ölausbeute der einzelnen Sorten betrug im Durchschnitt 21,6 %. Den höchsten Ölertrag wies die Sorte Ferimon mit 370,8 l/ha auf. Die Ölausbeute der Sorte Ferimon lag bei 24,5 %. Der geringste Ölertrag wurde bei der Sorte Futura 75 mit 149,9 l/ha ermittelt. Die Ölausbeute der Sorte Futura 75 betrug lediglich 18,2 %.

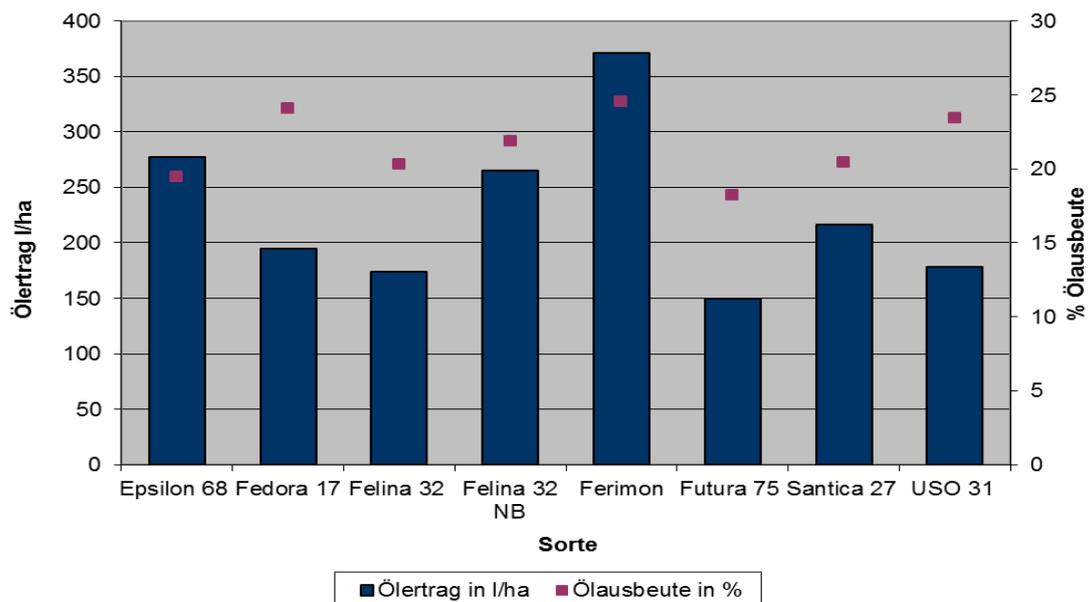


Abb. 35: Ölertrag in l/ha und Ölausbeute in % der Hanfsorten zum ersten Erntetermin

Die untersuchten Hanfsorten wiesen zum **zweiten Erntetermin** einen Ölertrag von durchschnittlich 229,3 l/ha auf.

Die Ölausbeute der einzelnen Sorten lag im Durchschnitt bei 22,5 %. Der höchste Ölertrag wurde bei der Sorte Ferimon mit 365,4 l/ha ermittelt. Die Ölausbeute der Sorte Ferimon betrug 25,6 %. Den geringsten Ölertrag erzielte die Sorte Fedora 17 mit 164,9 l/ha. Die Ölausbeute der Sorte Fedora 17 lag bei 23,2 %.

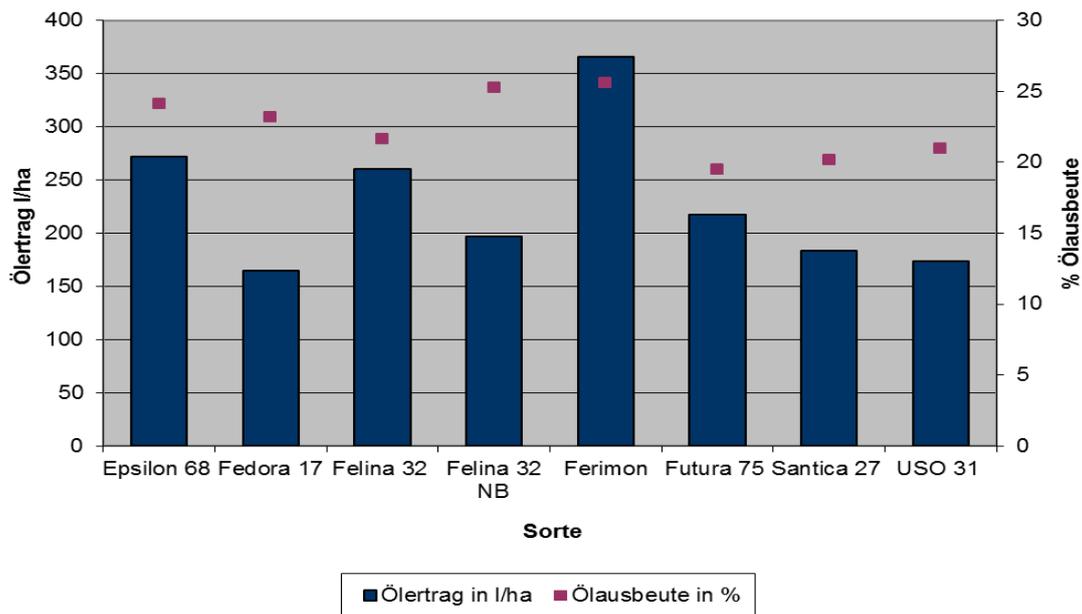


Abb. 36: Ölertrag in l/ha und Ölausbeute in % der Hanfsorten zum zweiten Erntetermin

5. Diskussion

5.1. Einfluss der Saatechnik auf den Wachstums- und Entwicklungsverlauf

Die Ergebnisse des Feldversuches zeigen, dass bezüglich der Entwicklung des Pflanzenbestandes Unterschiede zwischen den eingesetzten Saatechniken Drill- und Einzelkornsaat auftraten.

Die in Drillsaat angelegte Sorten am Standort Groß Enzersdorf wiesen eine günstige Entwicklung des Pflanzenbestandes auf. Die Bestandesdichte verminderte sich während des Wachstums- und Entwicklungsverlaufes nur um 7 bis 27 %.

Der am Standort Hanfthal mittels Drillsaat angelegte Pflanzenbestand zeigte hingegen keinen optimalen Entwicklungsverlauf. Die Bestandesdichte reduzierte sich während der Vegetation um 39 %.

Die starke Abnahme der Pflanzenzahl pro Quadratmeter war teilweise auf die Verunkrautung des Pflanzenbestandes durch verschiedene *Amaranthus*-Arten, Ackerdistel (*Cirsium arvense*), Weißer Gänsefuß (*Chenopodium album* L.) und Ackerwinde (*Convolvulus arvensis*) zurückzuführen. Auch MAYRHUBER und WINKLER-RIEDER (1997) zeigen, dass Hanf bei hohem Unkrautdruck konkurrenzschwach ist und einen Rückstand in der Entwicklung aufweist, der in weiterer Folge mit Einbußen im Faser- und Samenertrag verbunden sein kann. VOGL (1997 b) sieht in der langsamen Entwicklung der Hanfpflanzen zwischen der vierten und zehnten Woche aufgrund verdichteter und staunasser Böden sowie der geringen Nährstoffverfügbarkeit eine Ursache für die fehlende unkrautunterdrückende Wirkung von Hanf.

Bei den mittels Einzelkornsaat angelegten Versuchspartzen war während der Vegetation eine günstigere Entwicklung des Bestandes ersichtlich. Die

Bestandesdichte verminderte sich im Vergleich zu dem in Drillsaat angelegten Pflanzenbestand nur um 28 %.

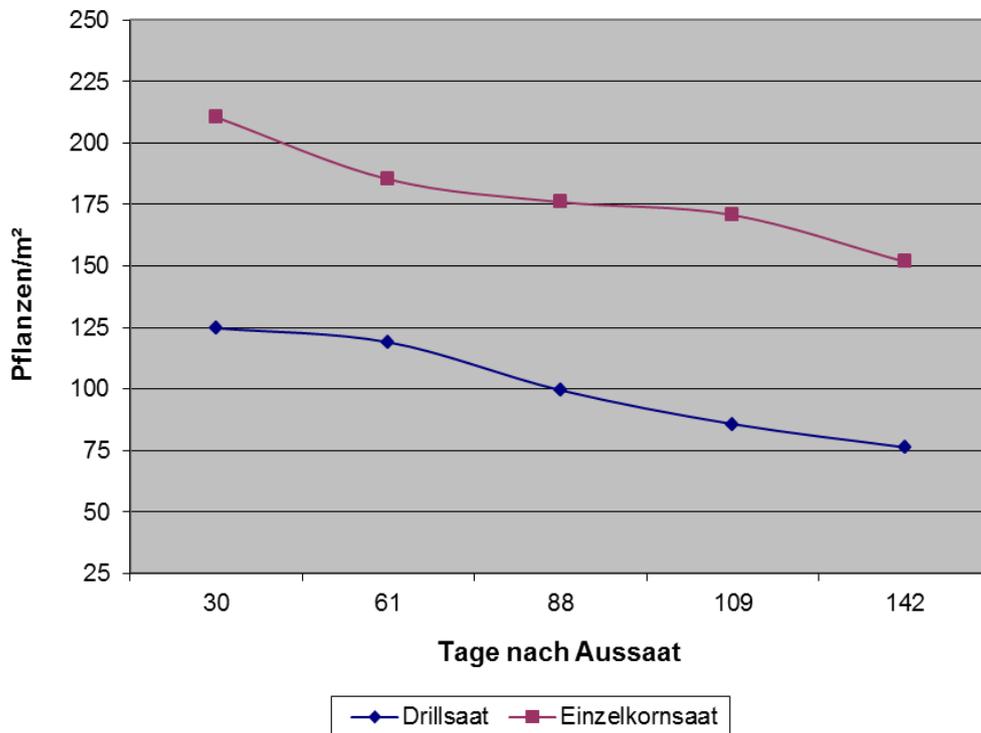


Abb. 37: Entwicklungsverlauf der untersuchten Hanfsorten bei unterschiedlicher Saattechnik, Standort Hanfthal 2011

Die Drillsaat ist nur unter für die Bestandesentwicklung optimalen Bedingungen eine geeignete Saattechnik bei Hanf. Herrschen jedoch ungünstige Wachstumsbedingungen vor, die in weiterer Folge beispielsweise zu einer starke Verunkrautung des Bestandes führen, ist die Einzelkornsaat der Drillsaat vorzuziehen.

5.2. Einfluss des Standortes und der Sorte auf den Samenertrag

Die Auswertung der Daten ergab keinen signifikanten Einfluss (t-Test; $t=-1,3318$; $P=0,1932$) des Standortes auf den erzielten Samenertrag der untersuchten Sorten.

Am Standort Hanfthal wurde bei mittels Drillsaat gesäten Sorten ein Samenertrag von durchschnittlich 669,8 kg/ha erzielt. Im Mittel aller in Einzelkornsaat angebauten Sorten wurde hingegen ein Samenertrag von 740,1 kg/ha ermittelt.

Am Standort Groß Enzersdorf wiesen die in einer Saatstärke von 50 Körnern/m² gesäten Sorten einen Samenertrag von durchschnittlich 776,2 kg/ha auf. Die mit einer Saatstärke von 250 Körnern/m² angebauten Sorten erreichten nur einen Samenertrag von 459,1 kg/ha.

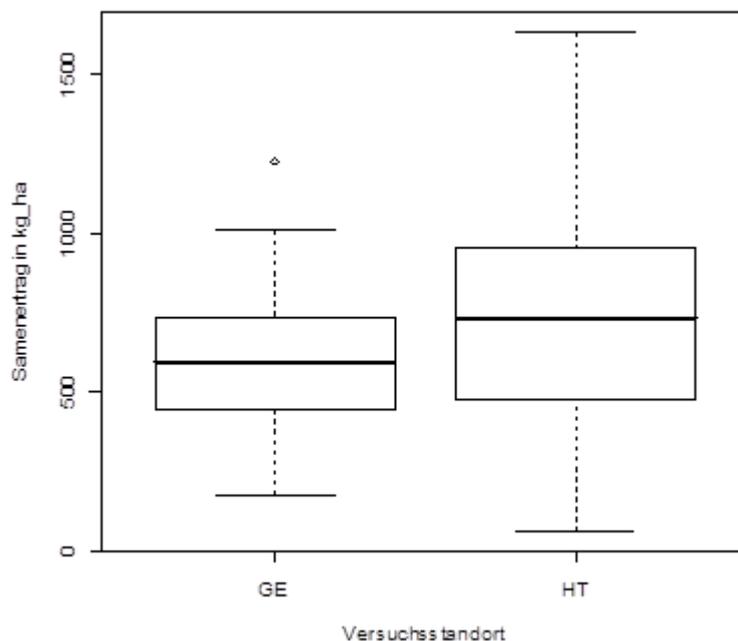


Abb. 38: Samenerträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten, Standorte Hanfthal und Groß Enzersdorf 2011

Wird der dritte Erntetermin am Standort Hanfthal in der statistischen Verrechnung nicht berücksichtigt, kann ein signifikanter Unterschied (t-Test; $t=-3,1684$; $P=0,0038$) im Samenertrag der beiden Versuchsstandorte festgestellt werden.

Innerhalb der Versuchsstandorte variierten die Samenerträge der untersuchten Sorten. Am Standort Hanfthal sind die Ertragsunterschiede auf die unterschiedliche Saatechnik zurückzuführen. Die starke Verunkrautung der mittels Drillsaat angelegten Versuchspartzen war eine mögliche Ursache für den geringeren Samenertrag.

Am Standort Groß Enzersdorf wiesen die in einer Saatstärke von 50 Körnern/m² angelegten Sorten im Vergleich zu der Saatstärke von 250 Körnern/m² im Mittel einen höheren Samenertrag auf.

In der Literatur (RUTHENBERG-WILKEN und LANGKAU 1996, BÓCSA und KARUS 1997, LOHMEIER 1997, MAYRHUBER und WINKLER-RIEDER 1997, SCHÄFER 2003) wurden die unterschiedlichen Boden- und Klimaansprüche bei Hanf vielfach bearbeitet.

Nach SCHÄFER (2003) benötigt Hanf für ein optimales Wachstum einen nährstoffreichen Standort, der einen tiefgründigen, humosen und kalkhaltigen Boden mit ausreichender Wasserversorgung aufweist. Der optimale pH-Wert liegt zwischen 7,1 und 7,6. Die notwendige Niederschlagsmenge beträgt nach BÓCSA und KARUS (1997) 500-700 mm. Die Hanfpflanzen benötigen bis zur technischen Faserreife eine Wärmesumme von 1900 bis 2000°C, bis zur Samenreife eine Wärmesumme von 2200 bis 3000 °C (ROSCHER, 2000).

Die angeführten Ergebnisse zeigen, dass an beiden Versuchsstandorten die für den Anbau von Hanf erforderlichen Boden- und Klimabedingungen vorlagen.

Die Auswertung der Ertragsergebnisse der am Standort Hanfthal angelegten Versuchspartzen zeigt, dass die untersuchten Sorten keinen signifikanten Unterschied (ANOVA; $F=0,7421$; $P=0,7138$) hinsichtlich des Samenertrages aufwiesen.

Am Standort Groß Enzersdorf zeigte sich ebenfalls kein signifikanter Sortenunterschied (ANOVA; $F=0,7295$; $P=0,6547$) im Samenertrag.

Der entgegen der Erwartung nicht eingetretene signifikante Sorteneinfluss bedeutet nach FERTL (2000) jedoch nicht, dass ein solcher Effekt nicht auftritt. Die Sorten weisen in der Regel einen Unterschied im Samenertrag auf. Aufgrund der starken Streuung der erzielten Ergebnisse ergaben sich keine Sortenunterschiede.

Nach BÓCSA und KARUS (1997) hingegen bestehen zwischen den Sorten beträchtliche Unterschiede im Samenertrag. Angaben in der Literatur von LEITNER (1996) und PRISTNER (1998) bestätigen den Einfluss der Sorte auf den Samenertrag und weisen darauf hin, dass frühreife und monözische Sorten tendenziell höhere Erträge erzielen.

5.3. Einfluss des Standortes und der Sorte auf Faser- und Schäbenertrag

Die statistische Auswertung der Ergebnisse aus dem Feldversuch zeigt einen signifikanten Einfluss (t-Test; $t=-2,3302$; $P=0,02375$) des Standortes auf den Faserertrag.

Im Mittel aller am Standort Hanfthal mittels Drillsaat angebauten Sorten wurde ein Faserertrag von 2934,1 kg/ha erzielt. Die in Einzelkornsaat angelegten Sorten ergaben einen durchschnittlichen Faserertrag von 4307,4 kg/ha.

Am Standort Groß Enzersdorf erzielten die mit einer Saatstärke von 50 Körnern/m² gesäten Hanfsorten einen Faserertrag von durchschnittlich 2976,9 kg/ha.

Der Faserertrag der mit einer Saatstärke von 250 Körnern/m² angebauten Hanfsorten lag im Mittel bei 3759,4 kg/ha.

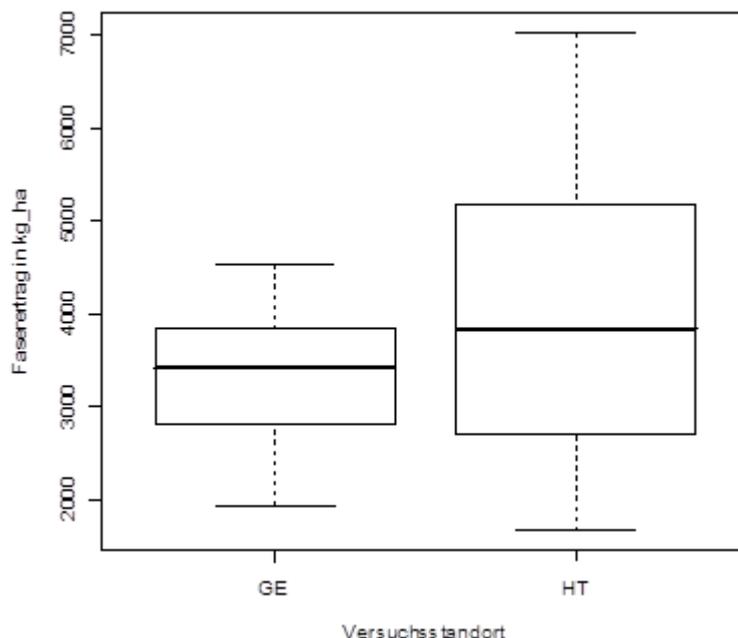


Abb. 39: Fasererträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten, Standorte Hanfthal und Groß Enzersdorf 2011

Als mögliche Ursachen für die Unterschiede im Faserertrag sind der Saatzeitpunkt, die Saattechnik sowie die am jeweiligen Versuchsstandort vorherrschenden Boden- und Klimaverhältnisse anzuführen.

Innerhalb der Versuchsstandorte traten ebenfalls Unterschiede im Faserertrag auf. Am Standort Hanfthal war der geringere Faserertrag der in Drillsaat angelegten Sorten auf die starke Verunkrautung des Pflanzenbestandes zurückzuführen.

Am Standort Groß Enzersdorf wiesen die in einer Saatstärke von 250 Körnern/m² angebauten Sorten einen höheren Faserertrag auf. Der Ertragsunterschied lässt sich durch die unterschiedliche Saatstärke begründen.

Auch in der Literatur (RUTHENBERG-WILKEN und LANGKAU 1996, BÓCSA und KARUS 1997, MAYRHUBER und WINKLER-RIEDER, 1997) sind Angaben über eine Zunahme des Faserertrages bei einer höheren Saatstärke zu finden.

HÖPPNER und MENGE-HARTMANN (1994) erzielten maximale Erträge bei Saatstärken von 150 bis 250 keimfähigen Körnern/m².

In einem von VON FRANCKEN-WELZ (2003) durchgeführten Feldversuch kam es bei einer weiteren Steigerung der Saatstärke jedoch zu keinem Ertragsanstieg. Eine Reduktion der Pflanzenzahl mit steigender Bestandesdichte aufgrund des Konkurrenzverhaltens der Pflanzen konnte beobachtet werden.

Im Schäbenertrag gab es bei den angeführten Sorten ebenfalls einen signifikanten Einfluss (t-Test; $t=-2,5071$; $P=0,01551$) des Standortes.

Der Schäbenertrag der am Standort Hanfthal mittels Drillsaat angelegten Sorten betrug im Mittel 3795,8 kg/ha. Die in Einzelkornsaat angebauten Sorten wiesen einen Schäbenertrag von durchschnittlich 5732,4 kg/ha auf.

Im Mittel der am Standort Groß Enzersdorf in einer Saatstärke von 50 Körnern/m² angebauten Hanfsorten wurde ein Schäbenertrag von 4410,0 kg/ha ermittelt. Die in einer Saatstärke von 250 Körnern/m² angelegten Sorten erzielten einen Schäbenertrag von 4403,0 kg/ha. Der Saatzeitpunkt, die Saattechnik sowie die am jeweiligen Versuchsstandort vorherrschenden Boden- und Klimaverhältnisse stellen mögliche Ursachen für den Ertragsunterschied beider Standorte dar.

Hinsichtlich des Einflusses der einzelnen Sorten auf den Faserertrag konnte ein signifikanter Unterschied (ANOVA; $F=4,5569$; $P=0,00179$) der am Standort Hanfthal untersuchten Sorten nachgewiesen werden.

BÓCSA und KARUS (1997) beschreiben ebenfalls Unterschiede der einzelnen Hanfsorten im Faserertrag. Nach VON BUTTLAR et al. (1997) lassen sich Sortenunterschiede im Ertrag von bis zu 50 % feststellen.

Am Standort Groß Enzersdorf wurde hingegen kein signifikanter Unterschied (ANOVA; $F=0,5395$; $P=0,7845$) im Faserertrag der untersuchten Sorten festgestellt.

Der Schäbenertrag ergab am Standort Hanfthal statistische Unterschiede. Zum ersten Erntetermin war kein signifikanter Sortenunterschied (ANOVA; $F=2,8327$; $P=0,1090$) im Schäbenertrag nachweisbar. Zum zweiten und dritten Erntetermin ergab sich zwischen den Sorten hingegen ein signifikanter Unterschied (ANOVA; $F=8,116$; $P=0,0042$ und $F=13,341$; $P=0,0007$) im Schäbenertrag.

Am Standort Groß Enzersdorf wiesen die untersuchten Sorten keinen signifikanten Unterschied (ANOVA; $F=1,2098$; $P=0,3941$) im Schäbenertrag auf.

Am Standort Hanfthal ist anzumerken, dass der Versuch vom verantwortlichen Landwirt in Form von Langparzellen angelegt wurde. Erst nach Anlage des Versuches wurde um eine wissenschaftliche Begleitung ersucht. Durch das Anlegen von unechten Wiederholungen wurde versucht, Bodenunterschiede innerhalb der Versuchsanlage auszugleichen. Es war jedoch nicht möglich, Unterschiede hinsichtlich der Bodengegebenheiten ausreichend zu kompensieren. Inwieweit die Bodenunterschiede Einfluss auf die Ergebnisse genommen haben, kann nicht abgeschätzt werden.

6. Zusammenfassung

In einem einjährigen Feldversuch wurde an zwei unterschiedlichen Standorten, in Hanfthal und an der Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf, der Samen- und Restpflanzenertrag von acht Hanfsorten beurteilt.

An jedem Versuchsstandort wurden die acht Sorten in unterschiedlicher Saatstärke (50 und 250 Körner/m²) und Saattechnik (Drill- und Einzelkornsaat) gesät und in drei Zeitstufen geerntet.

Das Ziel der Arbeit war, repräsentative Ergebnisse über den Wachstums- und Entwicklungsverlauf sowie die Ertragsleistung der untersuchten Hanfsorten zu erarbeiten. Hinsichtlich der Sortenwahl, der Saatstärke, der Anbautechnik und des Erntezeitpunktes bestehen nach wie vor offene Fragen.

Die angeführten Ergebnisse zeigen:

- Die untersuchten Sorten wiesen einen hoch signifikanten Unterschied in der Keimfähigkeit auf.
- Bei einer Saatstärke von 250 Körnern/m² kam es während des Wachstums- und Entwicklungsverlaufes zu einer stärkeren Ausdünnung des Pflanzenbestandes als bei einer Saatstärke von 50 Körnern/m².
- Bei den untersuchten Sorten traten sowohl bei einer Saatstärke von 50 Körnern/m² als auch bei einer Saatstärke von 250 Körnern/m² nur geringe Unterschiede in der Wuchshöhe auf.
- Die in einer Saatstärke von 250 Körnern/m² angelegten Sorten wiesen jedoch in der Tendenz eine geringere Wuchshöhe auf.
- Herrschen während der Vegetationszeit ungünstige Bedingungen vor, zeigt die Einzelkornsaat gegenüber der Drillsaat Vorteile.

- Im Samenertrag konnte kein signifikanter Einfluss des Standortes nachgewiesen werden.
- Auch zwischen den Sorten traten an beiden Versuchsstandorten keine signifikanten Unterschiede im Samenertrag auf.
- Ein verspäteter Erntetermin führte zu einem starken Abfall des Samenertrages.
- Im Faser- und Schäbenertrag der Sorten ergab sich ein signifikanter Einfluss des Standortes.
- Die am Standort Hanfthal untersuchten Sorten unterschieden sich signifikant im Faser- und Schäbenertrag.
- Am Standort Groß Enzersdorf wiesen die Sorten hingegen keine signifikanten Unterschiede im Faser- und Schäbenertrag auf.

Die dargestellten Ergebnisse erlauben eine tendenzielle Aussage über den Einfluss des Standortes und der Sorte auf den Wachstums- und Entwicklungsverlauf sowie den Samen- und Restpflanzenertrag bei Hanf. Um standortbezogen gesicherte Ergebnisse anführen zu können, sind mehrjährige Versuche erforderlich.

Hanf stellt aufgrund des hohen Ertragspotenzials und des steigenden Bedarfes an nachwachsenden Rohstoffen sowie der für die menschliche Ernährung hochwertigen Zusammensetzung des Hanföls eine viel versprechende Alternative zu anderen Sonderkulturen dar.

7. Abstract

Numerous publications describe hemp as an agronomic undemanding plant. However, practice has shown that there are still open questions regarding sort selection and best sowing and harvesting techniques.

During an annual field test, eight sorts of hemp have been cultivated at two locations with different seed rates and techniques in order to obtain results on the crop development and the yield performance of hemp. The task was to optimize the hemp production so that seeds, fibres and shives could be used.

The results of the field trial showed that there were no significant differences in the seed yields with the sorts examined, however, different fibres and shives yields were determined. In addition, significant differences in seed and residual crop yield were proven depending on seed rates and techniques, as well as the respective time of harvest.

8. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Entwicklung der Anbaufläche von Hanf in Österreich (ROSCHER, 2000; BMLFUW, 2011).....	5
Abb. 2: Möglichkeiten der Nutzung von Hanf (WASKOW, 1995; ROSCHER, 2000).....	32
Abb. 3: Monatsniederschlagssummen und Monatsmitteltemperaturen im Vegetationsjahr 2011 und im langjährigen Durchschnitt der meteorologischen Station Laa/Thaya.....	38
Abb. 4: Monatsniederschlagssummen und Monatsmitteltemperaturen im Vegetationsjahr 2011 und im langjährigen Durchschnitt der meteorologischen Station Groß Enzersdorf	41
Abb. 5: Keimschale mit Faltenfilter (Foto: Rößler, T.).....	45
Abb. 6: Keimfähigkeitsprüfung nach Faltenfiltermethode (PP) (Foto: Rößler, T.).....	45
Abb. 7: Versuchsplan Drillsaat, Standort Hanfthal 2011	48
Abb. 8: Versuchsplan Einzelkornsaat, Standort Hanfthal 2011	48
Abb. 9: Versuchsplan, Standort Groß Enzersdorf 2011.....	49
Abb. 10: Händische Quadratmeterernte am Standort Hanfthal (Foto: Rößler, T.)....	52
Abb. 11: Drusch von Hanfstroh (Foto: Rößler, T.)	54
Abb. 12: Ergebnisse der Keimfähigkeitsprüfung in %.....	58
Abb. 13: Feldaufgang (Pflanzen/m ²), Standort Hanfthal 2011	59
Abb. 14: Feldaufgang (Pflanzen/m ²) bei einer Saatstärke von 50 Körnern/m ² , Standort Groß Enzersdorf 2011	60
Abb. 15: Feldaufgang (Pflanzen/m ²) bei einer Saatstärke von 250 Körnern/m ² , Standort Groß Enzersdorf 2011.....	61

Abb. 16: Entwicklungsverlauf der mittels Einzelkornsaat gesäten Hanfsorten, Standort Hanfthal 2011	64
Abb. 17: Entwicklungsverlauf der mittels Drillsaat gesäten Hanfsorten, Standort Hanfthal 2011	65
Abb. 18: Entwicklungsverlauf der in einer Saatstärke von 50 Körnern/m ² gesäten Hanfsorten, Standort Groß Enzersdorf 2011	67
Abb. 19: Entwicklungsverlauf der in einer Saatstärke von 250 Körnern/m ² gesäten Hanfsorten, Standort Groß Enzersdorf 2011	68
Abb. 20: Entwicklung der Wuchshöhe der in einer Saatstärke von 50 Körnern/m ² gesäten Hanfsorten, Standort Groß Enzersdorf 2011	69
Abb. 21: Entwicklung der Wuchshöhe der in einer Saatstärke von 250 Körnern/m ² gesäten Hanfsorten, Standort Groß Enzersdorf 2011	70
Abb. 22: Samenerträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten, Standort Hanfthal 2011	72
Abb. 23: Samenerträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten zum zweiten Erntetermin, Standort Hanfthal 2011	73
Abb. 24: Ertragsabfall der untersuchten Hanfsorten, Standort Hanfthal 2011	74
Abb. 25: Samenerträge in kg/ha bei unterschiedlicher Saattechnik, Standort Hanfthal 2011	75
Abb. 26: Samenerträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten, Standort Groß Enzersdorf 2011	76
Abb. 27: Samenerträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten bei unterschiedlicher Saatstärke, Standort Groß Enzersdorf 2011	77
Abb. 28: Fasererträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten, Standort Hanfthal 2011	78
Abb. 29: Fasererträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten zum zweiten Erntetermin, Standort Hanfthal 2011	79

Abb. 30: Fasererträge in kg/ha der einzelnen Erntezeitstufen, Standort Hanfthal 2011	81
Abb. 31: Schäbenerträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten, Standort Hanfthal 2011	82
Abb. 32: Fasererträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten, Standort Groß Enzersdorf 2011	84
Abb. 33: Fasererträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten bei unterschiedlicher Saatstärke, Standort Groß Enzersdorf 2011	85
Abb. 34: Schäbenerträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten, Standort Groß Enzersdorf 2011	86
Abb. 35: Ölertrag in l/ha und Ölausbeute in % der Hanfsorten zum ersten Erntetermin	87
Abb. 36: Ölertrag in l/ha und Ölausbeute in % der Hanfsorten zum zweiten Erntetermin	88
Abb. 37: Entwicklungsverlauf der untersuchten Hanfsorten bei unterschiedlicher Saatechnik, Standort Hanfthal 2011	90
Abb. 38: Samenerträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten, Standorte Hanfthal und Groß Enzersdorf 2011	91
Abb. 39: Fasererträge in kg/ha der untersuchten Hanfsorten, Standorte Hanfthal und Groß Enzersdorf 2011	94

9. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Makrostadien zur Beschreibung des Entwicklungsverlaufes von mono- und dikotylen Pflanzen nach HACK et al. (1992).....	16
Tab. 2: Hauptentwicklungsstadien von Hanf nach MEDIAVILLA et al. (1999).....	17
Tab. 3: Entwicklungsstadien von Hanf und ihre Codierung nach MEDIAVILLA et al. (1999)	20
Tab. 4: In der Literatur empfohlene Reihenweiten und Saatstärken für den Anbau von Hanf (ohne Berücksichtigung von Sorte und Tausendkorngewicht) nach VOGL und HEß (1995); ergänzt	24
Tab. 5: Nährstoffentzug von Hanf (MAYRHUBER und WINKLER-RIEDER, 1997; ROSCHER, 2000); ergänzt.....	25
Tab. 6: Literaturangaben über den Nährstoffbedarf von Hanf (FERTL, 2000; ROSCHER, 2000).....	27
Tab. 7: Keimfähigkeitsprüfung ausgewählter Hanfsorten nach ISTA – Methode.....	46
Tab. 8: Aussaatmenge der in Hanfthal mittels Drillsaat angelegten Hanfsorten	46
Tab. 9: Boniturplan über die Erhebungen im wachsenden Pflanzenbestand 2011...	51
Tab. 10: Beurteilung der Ergebnisse statistischer Analysen	55
Tab. 11: Ergebnisse der Keimfähigkeitsprüfung in % und Zuordnung in die Kategorien normal, anomal oder nicht gekeimte Samen	57
Tab. 12: Vergleich von Dezimalcode für Wachstumsstadien von Hanf nach MEDIAVILLA et al. (1999) und BBCH-Skala nach HACK et al. (1992)	63
Tab. 13: Bezeichnung der in Abbildung 23 angeführten Hanfsorten	73
Tab. 14: Bezeichnung der in Abbildung 29 angeführten Hanfsorten	79

Tab. 15: Signifikanzniveau der untersuchten Sorten im Faserertrag zu den einzelnen Ernteterminen, Standort Hanfthal 2011 80

Tab. 16: Signifikanzniveau der untersuchten Sorten im Schäbenertrag zu den einzelnen Ernteterminen, Standort Hanfthal 2011 83

10. Literaturverzeichnis

BAEUMER, K. (1992): Allgemeiner Pflanzenbau. 3. Aufl., Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.

BECKER-DILLINGER, J. (1928): Handbuch des gesamten Pflanzenbaues. 2. Band, Verlag Paul Parey, Berlin-Hamburg.

BERGER, J. (1969): The World's Major Fibre Crops - their Cultivation and Manuring. Centre d' Etude de l' Azote. Zürich.

BMF (2005): Schätzungsreinkarte, Schätzungsbuch und Gemeindebeschreibung der Katastralgemeinde Hanfthal (KG Nr. 13018). Bundesministerium für Finanzen (Hrsg.), Wien.

BML (1996): Hanf (Teil 1) - Wissenschaftliche Untersuchungen zum Thema „Anbau, Ernte und Aufbereitung sowie Verwendung von Hanf“. Schriftreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ Band 7 im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Bonn; Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster.

BML (1997): Hanf (Teil 2) - Wissenschaftliche Untersuchungen zum Thema „Anbau, Ernte und Aufbereitung sowie Verwendung von Hanf“. Schriftreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ Band 7 im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Bonn; Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster.

BMLF (1972): Österreichische Bodenkartierung; Erläuterung zur Bodenkarte 1:25000, Kartierungsbereich Groß Enzersdorf (NÖ). Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (Hrsg.), Wien.

BMLFUW (2011): Grüner Bericht 2011 - Anbau auf dem Ackerland (1). [<http://www.agraroekonomik.at/index.php?id=gruenerbericht>] (12.08.2011).

BÖCSA, I., M. KARUS (1997): Der Hanfanbau - Botanik, Sorten, Anbau und Ernte. C.F. Müller Verlag, Heidelberg.

BÖCSA, I. (2000): Die Vergangenheit, die Gegenwart und die Zukunft der Hanfzüchtung. [<http://www.nova-institut.de/secure/bocsa-d.pdf>] (13.09.2011).

BÖRNER, H. (2009): Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. 8. Aufl., Springer-Verlag, Berlin.

BREITFELD, R. (1995): Rohstoff Hanf - Anbau der Kulturpflanze Hanf (*Cannabis sativa* L.) - Aktueller Kenntnisstand. Hanfgesellschaft e.V. Berlin (Hrsg.); Eigenverlag, Berlin.

BRUNET, J.-P., O. LALANNE (2000): Qualität als Bezahlungskriterium für den Anbau von Faserhanf – Qualitätskontrolle am Beispiel der Aktivitäten der Firma LCDA. In: SCHÄFER, 2003.

BUTTLAR, H.-B. VON, F. HÖPPNER, U. MENGE-HARTMANN, K. SCHEFFER, B. MISPELHORN (1997): Europäische Hanfsorten im Standortvergleich zweier deutscher Anbauregionen. In: FRANCKEN-WELZ von, 2003.

CLARKE, R. (1997): Hanf - Botanik, Anbau, Vermehrung und Züchtung. AT Verlag, Schweiz.

DIEPENBROCK, W., G. FISCHBECK, K.-U. HEYLAND, N. KNAUER (1999): Spezieller Pflanzenbau. 3. Aufl., Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.

DRESCHER, K., C.-H. HANF (1996): Zusammenfassung der Teilgutachten zur wissenschaftlichen Untersuchung zum Thema „Anbau, Ernte und Aufbereitung sowie Verwendung von Hanf“ und „Zusammenfassende Beurteilung der Zukunftschancen von Hanf und Hanfprodukten“. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bonn.

DRUBIG, R. (1995): Kurze Geschichte und Verbreitung der Hanfpflanze. In: Hanf - von der Ver(Fair)nutzung einer Pflanze. BUKO Agrar Koordination und Institut für angewandte Kulturforschung (Hrsg.); Schmetterling Verlag, Stuttgart.

FERTL, T. (2000): Anbau von Hanf (*Cannabis sativa* L.) im Bundesland Salzburg: Erfahrungen und Empfehlungen. Diplomarbeit, Naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Salzburg, Salzburg.

FLADER, K., H. NEUER (1939): Der deutsche Hanfanbau – Eine Anleitung für die Praxis. Verlag Paul Parey, Berlin-Hamburg.

FRANCKEN-WELZ, H. VON (2003): Vergleichende Bewertung der Ertragsfähigkeit und Faserqualität von Lein (*Linum usitatissimum* L.), Hanf (*Cannabis sativa* L.) und Fasernessel (*Urtica dioica* L.) zur Produktion hochwertiger Industriefasern. Dissertation, Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn; Shaker Verlag, Aachen.

GANSBERGER, M. (2010): Beurteilung der Verbreitungsgefahr von Samenunkräutern mit Fermentationsendprodukten landwirtschaftlicher Biogasanlagen. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.

GEISLER, G. (1983): Ertragsphysiologie von Kulturpflanzen des gemäßigten Klimas. Verlag Paul Parey, Berlin-Hamburg.

GEISLER, G. (1988): Biologische Grundlagen und Technik der Pflanzenproduktion. 2. Aufl., Verlag Paul Parey, Berlin-Hamburg.

GEYER, V. (2010): Einfluss von Ernte- und Reinigungsmaßnahmen auf die Keimfähigkeit von Wildpflanzensaatgut unter Berücksichtigung des optimalen Samenertrags. Diplomarbeit, Hochschule Weihenstephan, Triesdorf.

GOTTWALD, R., H. HANFF, B. HONERMEIER, K. KRÜGER, K. PATSCHKE, K.H. ZIMMERMANN (1996): Anbau und Verwertung von Hanf in Brandenburg aus landwirtschaftlicher und ökologischer Sicht – Versuchsdurchführung und Studie. Ergebnisbericht zum Projekt. Lehr- und Versuchsanstalt für Integrierten Pflanzenbau e. V. Güterfelde.

GUTBERLET, V., M. KARUS (1995): Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an Hanf (*Cannabis sativa*). nova-Institut (Hrsg.); Eigenverlag, Hürth.

HACK, H., H. BLEIHOLDER, L. BUHR, C. FELLER, M. HEß, R. KLOSE, P.D. LANCASHIRE, U. MEIER, R. STRAUß, T. VAN DEN BOOM, E. WEBER (1992): Phänologische Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen. In: Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Hrsg.): Entwicklungsstadien von Pflanzen - BBCH-Monograph; Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin.

HEITEFUSS, R., K. KÖNIG, A. OBST, M. RESCHKE (2000): Pflanzenkrankheiten und Schädlinge im Ackerbau. 4. Aufl., DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

HERER, J. (1993): Die Wiederentdeckung der Nutzpflanze Hanf, Cannabis, Marihuana. 36. Aufl., Verlag Zweitausendeins, Frankfurt am Main.

HEUBACH, H. (1995): Die Faserpflanze Hanf – Materialien zur Geschichte ihres Anbaus, ihrer Verbreitung und ihres Handels. Verlag Hänsel-Hohenhausen, Egelsbach.

HEUSER, O. (1924): Der Deutsche Hanf – Neuere Beobachtungen und Versuchsergebnisse auf dem Gebiet des Hanfanbaus. TOBLER, F. (Hrsg.), Bücherei der Faserforschung, 3.Band, S. Hirzel Verlag, Leipzig.

HOFFMANN, W. (1957): Flachs und Hanfanbau. Deutscher Bauernverlag, Berlin.

HÖPPNER, F., U. MENGE-HARTMANN (1994): Anbauversuche zur Stickstoffdüngung und Bestandesdichte von Faserhanf. In: FRANCKEN-WELZ von, 2003.

HÖPPNER, F. (1997): Einfluß von Saatkichte und Reihenweite auf die Korn- und Ölertragsleistung von Faserhanf (*Cannabis sativa* L.). In: nova-Institut (Hrsg.): Biorohstoff Hanf 97. Tagungsband zum Symposium am 27.02.-02.03.1997 in Frankfurt am Main.

ISTA GERMINATION COMMITTEE (2009): ISTA (International Seed Testing Association) Handbook on Seedling Evaluation. In: GANSBERGER, 2010.

ISTA (2010): International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association (ISTA) (Hrsg.); Eigenverlag, Bassersdorf.

JAHN-DEESBACH, W. (1965): Lein und Hanf. Düngung der Kulturpflanzen. Springer-Verlag, Wien - New York.

KAINER, H. (1996): Hanf (*Cannabis sativa* L.) als nachwachsender Rohstoff - Geschichte, Biologie und Anbauerfahrungen in der Steiermark. Diplomarbeit Universität Graz, Graz.

KRAMBERGER, I. (2001): Vergleich ausgewählter bodenphysikalischer Parameter an unterschiedlich alten Beständen der Dauerkultur *Miscanthus Giganteus* im Vergleich zu standortüblicher Ackernutzung im semiariden Produktionsgebiet. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.

LEITNER, W. (1996): Der Einfluss von Sorte Aussaatstärke auf den Kornertrag von Hanf unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus. In: FERTL, 2000.

LIEBHARD, P. (1994): Hanf (*Cannabis sativa* L.) als nachwachsender Rohstoff für eine thermische Nutzung. In: Tagungsband zum Hanf-Workshop, Bundesanstalt für Landtechnik, Wieselburg.

LIEBHARD, P. (1998): Einfluss von Sorte, Saatstärke und Saatzeitpunkt auf Ganzpflanzenertrag und ausgewählte Qualitätsparameter bei Hanf (*Cannabis sativa* L.). In: Tagungsband zum Hanf-Workshop III am 24. März 1998, Bundesanstalt für Landtechnik, Wieselburg.

LOHMEIER, D. (1997): Hanf im ökologischen Anbau. In: nova-Institut (Hrsg.): Biorohstoff Hanf 97. Tagungsband zum Symposium am 27.02.-02.03.1997 in Frankfurt am Main.

MAYRHUBER, E., W. WINKLER-RIEDER, C. R. VOGL, G. SCHMIDINGER (1997): Potentiale, Hemmnisse und Bedarfslage für den Einsatz der nachwachsenden Rohstoffe Hanf und Flachs in Österreich. Endbericht zum gleichnamigen Projekt im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie, Wien.

MEDIAVILLA, V., M. JORQUERA, I. SCHMID-SLEMBROUCK (1999): Dezimalcode für Wachstumsstadien von Hanf. [<http://www.inaro.de/deutsch/kulturpf/hanf/Dezimalcode.PDF>] (07.06.2011).

NEWIL, S. (2001): Einfluss unterschiedlicher Düngungssysteme auf Ertrag und Qualitätsparameter bei Sommergerste und Winterroggen in einem Langzeitversuch (Groß Enzersdorf - Österreich). Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.

PRISTNER, T. (1998): Hanf im Ökologischen Landbau unter besonderer Berücksichtigung von Düngung, Saatstärke und Sorte sowie der klimatischen Verhältnisse des Waldviertels. In: FERTL, 2000.

ROSCHER, E. (2000): Einfluss von Sorte, Saatzeitpunkt und Bestandesdichte auf Ganzpflanzen- und Faserertrag bei Hanf (*Cannabis sativa* L.). Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.

RÖSSLER, TH., K. OFNER, P. LIEBHARD (2012): Einfluss von Sorte und Saatstärke auf den Samen-, Faser- und Schäbenertrag bei Hanf (*Cannabis sativa* L.). In: Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel- Veterinär- und Agrarwesen ALVA (Hrsg.): „Ernährung sichern – trotz begrenzter Ressourcen“. Tagungsbericht 2012, Wien, 57-59.

RUTHENBERG-WILKENS, D., J. LANGKAU (1996): Nutzhanf - vom konventionellen zum ökologischen Anbau. Katalyse e. V. Institut für angewandte Umweltforschung (Hrsg.), Deukalion Verlag, Holm.

SCHÄFER, T. (2003): Wirkung von Wachstumsfaktoren und pflanzenbaulichen Maßnahmen auf Biomasse- und Faserertrag sowie Faserqualität von Hanf (*Cannabis sativa* L.). Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen; Shaker Verlag, Aachen.

SCHEEL, R. (1936): Einfluss der Düngung auf Ertrag und Faserausbildung des Hanfs. In: Ernährung der Pflanze 32, 322-327. In: JAHN-DEESBACH, 1965.

SCHEER-TRIEBEL, M., J. LÉON (2000): Industriefaser – Qualitätsbeschreibung und pflanzenbauliche Beeinflussungsmöglichkeiten bei Faserpflanzen: ein Literaturreview. In: SCHÄFER, 2003.

SCHULTES, R. E., W. M. LEIN, T. LOWMAN, T. E. LOCKWOOD (1974): Cannabis - an example of taxonomic neglect. In: FERTL, 2000.

SCHUSTER, W. (1992): Ölpflanzen in Europa. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

SCHUY, J. (1950): Hanf und Flachs – Bau und Verwertung. Buchverlag der Salzburger Landwirtschaftskammer, Salzburg.

SMALL, E., A. CRONQUIST (1976): A practical and natural taxonomy for Cannabis - Taxon 25(4). In: FERTL, 2000.

SPAAR, D., H. KLEINHEMPEL, R. FRITZSCHE (1990): Öl- und Faserpflanzen - Diagnose von Krankheiten und Beschädigungen an Kulturpflanzen. Springer-Verlag, Berlin.

SURBÖCK, A. (2000): Pflanzenbauliche Erhebungen zum Anbau von Hanf (*Cannabis sativa* L.) unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus im Wald- und Weinviertel. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.

VOGL, C., J. HEß (1995): Hanf (*Cannabis sativa* L.) als nachwachsender Rohstoff aus der Sicht des Biologischen Landbau. In: Tagungsband zum Hanf-Workshop II am 14. Dezember 1995, Bundesanstalt für Landtechnik, Wieselburg.

VOGL, C., J. HEß, (1997 a): Hanf in Österreich - Praktische Anbauerfahrungen mit Hanf (*Cannabis sativa* L.) in Österreich. In: nova-Institut (Hrsg.): Biorohstoff Hanf 97, Tagungsband; Eigenverlag, Hürth.

VOGL, C., J. HEß, K. F. STRÖML (1997 b): Die praktische Hanf Fibel. In: FERTL, 2000.

VOGL, C. R. (1999): Ertragsleistung und Nährstoffabfuhr von Hanf (*Cannabis sativa* L.) und ihre Beeinflussung durch Anbaumaßnahmen unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus in Niederösterreich. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.

WASKOW, F. (1995): Hanf & Co.: die Renaissance der heimischen Faserpflanzen. Katalyse-Institut für angewandte Umweltforschung (Hrsg.), Verlag Die Werkstatt Lichtenau: AOL-Verlag, Göttingen.

ZADE, A. (1993): Pflanzenbaulehre für Landwirte. Verlag Paul Parey, Berlin-Hamburg.

ZADOKS, J. C., T. T. CHANG, C. F. KONZAK (1974): A decimal code for the growth stages of cereals. In: HACK et al., 1992.

11. Anhang

11.1. Ertragsdaten der in Hanfthal 2011 untersuchten Hanfsorten

Hanfthal					
Sorte	Samenertrag in kg/ha	Faserertrag in kg/ha	Schäbenenertrag in kg/ha	Ölertrag in kg/ha	Ölausbeute in %
<u>Einzelkornsaat</u>					
1. Erntetermin 05.09.2011					
Epsilon 68	1211,3	4868,1	6361,7	276,9	19,5
Fedora 17	759,5	2523,1	3260,9	195,1	24,1
Felina 32	804,0	4286,3	6873,3	174,2	20,3
Felina 32 NB	1103,9	6360,0	6424,9	264,9	21,9
Ferimon	1369,5	5190,6	7506,4	370,8	24,5
Futura 75	793,2	2625,0	3845,1	149,9	18,2
Santica 27	1020,5	5310,6	7686,5	216,7	20,5
Uso 31	693,2	2993,1	4001,4	178,2	23,4
2. Erntetermin 19.09.2011					
Epsilon 68	1076,5	4881,9	6369,3	272,3	24,1
Fedora 17	659,6	1930,0	3158,3	164,9	23,2
Felina 32	1131,4	5085,0	8083,1	260,2	21,6
Felina 32 NB	748,0	5805,6	5944,6	196,8	25,3
Ferimon	1333,6	4765,6	7580,1	365,4	25,6
Futura 75	999,4	3409,4	4793,2	217,6	19,5
Santica 27	855,3	5586,9	7828,0	183,5	20,2
Uso 31	745,4	1946,3	3258,0	173,3	20,9
3. Erntetermin 03.10.2011					
Epsilon 68	317,9	6231,9	7372,5		
Fedora 17	157,7	2325,6	2728,9		
Felina 32	370,8	4752,5	6752,6		
Felina 32 NB	78,8	5707,5	5967,9		
Ferimon	387,7	4890,6	7048,5		
Futura 75	394,2	2825,0	3478,9		
Santica 27	397,4	5867,5	7045,2		
Uso 31	352,8	3210,0	4211,8		
<u>Drillsaat</u>					
Erntetermin 19.09.2011					
Epsilon 68	565,5	2143,1	2718,4		
Fedora 17	618,0	2758,8	3262,3		
Felina 32	668,5	2503,8	3498,4		
Felina 32 NB	534,2	3150,0	3912,6		
Ferimon	743,8	3078,1	4079,3		
Futura 75	539,9	2947,5	4967,1		
Santica 27	939,4	4418,8	4923,4		
Uso 31	749,1	2473,1	3005,3		

11.2. Ertragsdaten der in Groß Enzersdorf 2011 untersuchten Hanfsorten

Groß Enzersdorf			
Sorte	Samenertrag in kg/ha	Faserertrag in kg/ha	Schäbenertrag in kg/ha
Erntetermin 22.09.2011			
<u>Saatstärke 50 Körner/m²</u>			
Epsilon 68	887,9	2827,5	4802,3
Fedora 17	1225,8	3180,0	5094,9
Felina 32	600,4	2483,8	2922,2
Felina 32 NB	495,1	1940,0	3164,5
Ferimon	708,7	3136,3	4262,7
Futura 75	1010,9	3332,5	4782,3
Santica 27	518,9	4117,5	5069,2
Uso 31	761,9	2797,5	5182,3
<u>Saatstärke 250 Körner/m²</u>			
Epsilon 68	369,6	3563,8	5235,5
Fedora 17	592,5	3865,0	4795,6
Felina 32	411,4	3500,0	3810,5
Felina 32 NB	654,5	4533,8	5655,4
Ferimon	351,3	2776,3	2624,9
Futura 75	482,5	3582,5	4463,1
Santica 27	177,4	4412,5	3368,7
Uso 31	633,9	3841,3	5270,6