

Institut für Acker- und Pflanzenbau
(Direktor: Prof. Dr. Wulf Diepenbrock)
der
Landwirtschaftlichen Fakultät
(Dekan: Prof. Dr.-Ing. Peter Pickel)
der
Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg

**Physikalische Fasereigenschaften von Hanf (*Cannabis sativa* L.)
in Abhängigkeit von Bestandesentwicklung,
Strohmanagement, Röste und Faseraufschluss**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
doctor agriculturarum (Dr. agr.)

vorgelegt von
M.Agr.Sc.
Viktor Naumenko

geb. am 30.11.1973
in Sdwyshka, Ukraine

Gutachter: Prof. Dr. W. Diepenbrock
Prof. Dr. O. Christen
Prof. Dr. B. Honermeier

Verteidigung am: 20.02.2006

Halle/Saale 2006

urn:nbn:de:gbv:3-000009924

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=nbn%3Ade%3Agbv%3A3-000009924>]

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abkürzungsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	VIII
1 Einleitung	1
2 Material und Methoden	4
2.1 Produktionslinien von Hanffasern	4
2.1.1 Technikumslinie	4
2.1.2 Praxislinie	9
2.2 Laboraufschluss von Fasern	13
2.3 Messmethoden	14
2.3.1 Bestandesführung und Ertragsermittlung	14
2.3.2 Bonituren äußerer Merkmale von Hanfpflanzen	14
2.3.3 Morphometrische Messungen an der Hanfpflanze	15
2.3.4 Stroheigenschaften und Bestimmung des Röstgrades	17
2.3.5 Physikalische Fasereigenschaften	18
2.4 Statistische Auswertung	20
3 Ergebnisse	22
3.1 Bestandesentwicklung und Veränderung von Fasereigenschaften	22
3.1.1 Reduzierung der Bestandesdichte	22
3.1.2 Oberirdische Biomasse und Heterogenität des Hanfbestandes	22
3.1.3 Wachstum und Änderung von äußeren Merkmalen der Hanfpflanze	24
3.1.4 Veränderung von Stroheigenschaften im Entwicklungsverlauf	32
3.1.5 Veränderung von Fasereigenschaften im Entwicklungsverlauf	35
3.2 Veränderung der Fasereigenschaften durch Strohmanagement	42
3.3 Wirkung von Röste und Faserisolierungstechnologie auf Fasereigenschaften	44
3.3.1 Technikumslinie	44
3.3.1.1 Röstgrad von Hanfstroh	44

	Seite
3.3.1.2 Fasereigenschaften	45
3.3.2 Praxislinie	61
3.3.2.1 Röstgrad von Hanfstroh	61
3.3.2.2 Fasereigenschaften	62
4 Diskussion	68
4.1 Optimaler Erntetermin	68
4.2 Einfluss des Strohmanagements auf die Fasereigenschaften	76
4.3 Wirkung von Röste auf Fasereigenschaften	78
4.4 Wirkung der Aufschlusstechnologien auf die Fasereigenschaften	81
4.5 Schlussfolgerungen	84
5 Zusammenfassung	85
Summary	87
6 Literaturverzeichnis	88

Abkürzungsverzeichnis

A_0	Ausgangsquerschnittsfläche	kK	keimfähige Körner
B	Brecherlinie	L_0	Einspannlänge
BD	Bestandesdichte	m	Meter
BtMG	Betäubungsmittelgesetzes	mg	Milligramm
C	Cottonisierung	min	Minute
$^{\circ}\text{C}$	Grad Celsius	mm	Millimeter
cm	Zentimeter	MPa	Megapascal
DIN	Deutsches Institut für Normung	n	Stichprobenumfang
d_F	Faserdicke	N	Stickstoff
dt	Dezitone	OH	Oberhanf
E	Ernte	P	Phosphor
ε_H	Höchstzugkraftdehnung	PA	Prallaufschluss
et al.	Et alii (und andere)	Pfl.	Pflanzen
F_{\max}	Höchstzugkraft	PM	Probemeter
GPa	Gigapascal	R	Röste
h	Stunden	R^2	Bestimmtheitsmaß
ha	Hektar	rF	relative Luftfeuchte
Hrsg.	Herausgeber	RG	Röstgrad
Hz	Herz	S	Sorte
K	Kelvin	THC	Tetrahydrocannabinol
Kap.	Kapitel	UH	Unterhanf
KD	Keimdichte	V	Stängelvolumen
kg	Kilogramm	σ_H	Zugfestigkeit
LA	Laboraufschluss		

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abb. 2.1: Witterungsdaten am Standort Leipzig-Seehausen 2000-2002.....	5
Abb. 2.2: Witterungsdaten des Standortes Zichtau (Altmarkt) 2003.....	10
Abb. 2.3: Fraktionen des Hanfbestandes.....	15
Abb. 2.4: Schematische Darstellung des Hanfstängels für die Messung der Gesamtpflanzenlänge und des Stängeldurchmessers.....	16
Abb. 2.5: Schematischer Aufbau der Einspannvorrichtung.....	18
Abb. 3.1: Oberirdische Biomasse der Bestandesfraktionen habituell weiblicher, männlicher, vegetativer Oberhanfpflanzen und Unterhanfpflanzen.....	23
Abb. 3.2: Stängelentwicklung von Hanf (A - cv. USO 31 und B - cv. Fasamo) im Feldversuch Leipzig-Seehausen 2000.....	26
Abb. 3.3: Stängelentwicklung von Hanf (A - cv. USO 31 und B - cv. Fasamo) im Feldversuch Leipzig-Seehausen 2001.....	27
Abb. 3.4: Stängelentwicklung von Hanf (A - cv. USO 31 und B - cv. Fasamo) im Feldversuch Leipzig-Seehausen 2002.....	28
Abb. 3.5: Stängelentwicklung von Hanf (cv. Kompolti) im Feldversuch Leipzig-Seehausen 2000.....	29
Abb. 3.6: Stängelentwicklung von Hanf (cv. Kompolti) im Feldversuch Leipzig-Seehausen 2001.....	30
Abb. 3.7: Stängelentwicklung von Hanf (cv. Kompolti) im Feldversuch Leipzig-Seehausen 2002.....	31
Abb. 3.8: Isolierbarer Faseranteil in habituell weiblichen Oberhanfpflanzen cv. USO 31 und Kompolti in Abhängigkeit von der Entwicklung der Hanfpflanze aus dem Feldversuch Leipzig-Seehausen 2000-2002.....	33
Abb. 3.9: Freilegbarkeit der Fasern aus habituell weiblichen Oberhanfpflanzen in Abhängigkeit von der Entwicklung der Hanfpflanze aus dem Feldversuch Leipzig-Seehausen 2000-2002.....	34
Abb. 3.10: Feinheit isolierter Fasern von habituell weiblichen Oberhanfpflanzen in Abhängigkeit von der Entwicklung der Hanfpflanze.....	36
Abb. 3.11: Zugfestigkeit isolierter Fasern von habituell weiblichen Oberhanfpflanzen in Abhängigkeit von der Entwicklung der Hanfpflanze ($L_0 = 2 \text{ mm}$).....	37

Abb. 3.12: Zugfestigkeit isolierter Fasern von habituell weiblichen Oberhanfpflanzen in Abhängigkeit von der Entwicklung der Hanfpflanze ($L_0 = 50$ mm).....	38
Abb. 3.13: Dehnungsmodul isolierter Fasern von habituell weiblichen Oberhanfpflanzen in Abhängigkeit von der Entwicklung der Hanfpflanze.....	39
Abb. 3.14: Höchstzugkraftdehnung isolierter Fasern von habituell weiblichen Oberhanfpflanzen in Abhängigkeit von der Entwicklung der Hanfpflanze....	40
Abb. 3.15: Feinheit und Ausgangsquerschnittsfläche von Hanffasern in Abhängigkeit vom Strohmanagement im Praxisanbau Zichtau 2003.....	42
Abb. 3.16: Zugfestigkeit von Hanffasern in Abhängigkeit vom Strohmanagement im Praxisanbau Zichtau 2003.....	43
Abb. 3.17: Feinheitsbezogene Höchstzugkraft von Hanffasern in Abhängigkeit vom Strohmanagement im Praxisanbau Zichtau 2003.....	43
Abb. 3.18: Dehnungsmodul und Höchstzugkraftdehnung von Hanffasern in Abhängigkeit vom Strohmanagement im Praxisanbau Zichtau 2003.....	44
Abb. 3.19: Länge von Hanffasern in Abhängigkeit von Röstgrad und Faseraufschluss.....	45
Abb. 3.20: Feinheit von Hanffasern (cv. USO 31) in Abhängigkeit von Röstgrad und Faseraufschluss im Feldversuch Leipzig-Seehausen 2002.....	47
Abb. 3.21: Feinheit von Hanffasern (cv. Kompolti) in Abhängigkeit von Röstgrad und Faseraufschluss im Feldversuch Leipzig-Seehausen 2002.....	48
Abb. 3.22: Feinheit von Hanffasern (cv. Fasamo) in Abhängigkeit von Röstgrad und Faseraufschluss im Feldversuch Leipzig-Seehausen 2002.....	48
Abb. 3.23: Ausgangsquerschnittsfläche von Hanffasern (cv. USO 31) in Abhängigkeit von Röstgrad und Faseraufschluss im Feldversuch Leipzig-Seehausen 2002.....	49
Abb. 3.24: Ausgangsquerschnittsfläche von Hanffasern (cv. Kompolti) in Abhängigkeit von Röstgrad und Faseraufschluss im Feldversuch Leipzig-Seehausen 2002.....	50
Abb. 3.25: Ausgangsquerschnittsfläche von Hanffasern (cv. Fasamo) in Abhängigkeit von Röstgrad und Faseraufschluss im Feldversuch Leipzig-Seehausen 2002.....	50
Abb. 3.26: Zugfestigkeit von Hanffasern (cv. USO 31) in Abhängigkeit von Röstgrad und Aufschluss im Feldversuch Leipzig-Seehausen 2002.....	52

Abb. 3.27: Zugfestigkeit von Hanffasern (cv. Kompolti) in Abhängigkeit von Röstgrad und Aufschluss im Feldversuch Leipzig-Seehausen 2002.....	53
Abb. 3.28: Zugfestigkeit von Hanffasern (cv. Fasamo) in Abhängigkeit von Röstgrad und Aufschluss im Feldversuch Leipzig-Seehausen 2002.....	54
Abb. 3.29: Feinheitsbezogene Höchstzugkraft von Hanffasern (cv. Uso 31) in Abhängigkeit von Röstgrad und Aufschluss im Feldversuch Leipzig-Seehausen 2002.....	55
Abb. 3.30: Feinheitsbezogene Höchstzugkraft von Hanffasern (cv. Kompolti) in Abhängigkeit von Röstgrad und Aufschluss im Feldversuch Leipzig-Seehausen 2002.....	56
Abb. 3.31: Feinheitsbezogene Höchstzugkraft von Hanffasern (cv. Fasamo) in Abhängigkeit von Röstgrad und Aufschluss aus Feldversuch Leipzig-Seehausen 2002.....	57
Abb. 3.32: Dehnungsmodul von Hanffasern (cv. USO 31) in Abhängigkeit von Röstgrad und Aufschluss aus Feldversuch Leipzig-Seehausen 2002.....	58
Abb. 3.33: Dehnungsmodul von Hanffasern (cv. Kompolti) in Abhängigkeit von Röstgrad und Aufschluss aus Feldversuch Leipzig-Seehausen 2002.....	58
Abb. 3.34: Dehnungsmodul von Hanffasern (cv. Fasamo) in Abhängigkeit von Röstgrad und Aufschluss aus Feldversuch Leipzig-Seehausen 2002.....	59
Abb. 3.35: Höchstzugkraftdehnung von Hanffasern (cv. USO 31) in Abhängigkeit von Röstgrad und Aufschluss aus Feldversuch Leipzig-Seehausen 2002.....	59
Abb. 3.36: Höchstzugkraftdehnung von Hanffasern (cv. Kompolti) in Abhängigkeit von Röstgrad und Aufschluss aus Feldversuch Leipzig-Seehausen 2002.....	60
Abb. 3.37: Höchstzugkraftdehnung von Hanffasern (cv. Fasamo) in Abhängigkeit von Röstgrad und Aufschluss aus Feldversuch Leipzig-Seehausen 2002.....	60
Abb. 3.38: Länge von Hanffasern in Abhängigkeit von Röstgrad und Faseraufschluss aus Praxisproduktionslinie.....	62
Abb. 3.39: Feinheit von Hanffasern in Abhängigkeit von Röstgrad und Faseraufschluss aus Praxisproduktionslinie.....	63
Abb. 3.40: Ausgangsquerschnittsfläche von Hanffasern in Abhängigkeit von Röstgrad und Faseraufschluss aus Praxisproduktionslinie.....	64
Abb. 3.41: Zugfestigkeit von Hanffasern und Faseraufschluss aus Praxisproduktionslinie.....	65

Abb. 3.42: Zugfestigkeit von Hanffasern in Abhängigkeit von Röstgrad und Faseraufschluss aus Praxisproduktionslinie.....	65
Abb. 3.43: Feinheitsbezogene Höchstzugkraft von Hanffasern in Abhängigkeit von Röstgrad und Faseraufschluss aus Praxisproduktionslinie.....	66
Abb. 3.44: Feinheitsbezogene Höchstzugkraft von Hanffasern in Abhängigkeit von Röstgrad und Faseraufschluss aus Praxisproduktionslinie.....	66
Abb. 3.45: Dehnungsmodul von Hanffasern in Abhängigkeit von Röstgrad und Faseraufschluss aus Praxisproduktionslinie.....	67
Abb. 3.46: Höchstzugkraftdehnung von Hanffasern in Abhängigkeit von Röstgrad und Faseraufschluss aus Praxisproduktionslinie.....	67

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tab. 2.1: Beschreibung des Versuchsstandortes Leipzig-Seehausen.....	4
Tab. 2.2: Herkunft, Geschlechtsverteilung, Reifetyp der angebauten Hanfsorten am Standort Leipzig-Seehausen in den Jahren 2000-2002.....	6
Tab. 2.3: Maßnahmen der Bestandesführung von Hanf in den Jahren 2000 - 2002 am Standort Leipzig-Seehausen.....	7
Tab. 2.4: Röste von Hanfstroh aus dem Feldversuchsanbau 2002 in Seehausen.	8
Tab. 2.5: Parameter der Maschineneinstellung bei dem Faseaufschluss im Technikumsmaßstab.....	9
Tab. 2.6: Beschreibung des Versuchsstandortes Zichtau (Altmark).....	9
Tab. 2.7: Herkunft, Geschlechtsverteilung, Reifetyp der angebauten Hanfsorten am Standort Zichtau (Altmark) im Jahr 2003.....	10
Tab. 2.8: Maßnahmen der Bestandesführung von Hanf im Jahr 2003 in Zichtau (Altmark).....	11
Tab. 2.9: Röste von Hanfstroh aus dem Praxisanbau 2003 in Zichtau.....	12
Tab. 2.10: Boniturskala zur Feststellung des Röstgrades von Hanfstroh.....	17
Tab. 3.1: Bestandesdichten von Hanf nach Auflaufen und zur Ernte im Feldversuch Leipzig-Seehausen 2000-2002.....	22
Tab. 3.2: Bonituren äußerer Merkmale von Hanfpflanzen bei Unterschreiten einer Stängelvolumenzunahme von 5% im Feldversuch Leipzig-Seehausen 2000 - 2002.....	32
Tab. 3.3: Veränderung von Fasereigenschaften in Abhängigkeit von der Entwicklung der Hanfpflanze im Feldversuch Leipzig-Seehausen 2000 - 2002.....	41
Tab. 3.4: Röstgrad von Hanfstroh bei drei Hanfsorten.....	44
Tab. 3.5: Länge, Verzweigungen und Schäbengehalt von Hanffasern in Abhängigkeit von Röstgrad und Faseraufschluss im Feldversuch Leipzig-Seehausen 2002.....	46
Tab. 3.6: Röstgrad von Hanfstroh bei vier Hanfsorten.....	61
Tab. 3.7: Länge, Verzweigungen und Schäbengehalt von Hanffasern in Abhängigkeit von Röstgrad und Faseraufschluss im Feldversuch Zichtau 2003.....	63