

Anbauversuche zur Stickstoffdüngung und Bestandesdichte von Faserhanf

FRANK HÖPPNER und UTE MENGE-HARTMANN

Institut für Pflanzenbau

Einleitung

Waschmittel, Tenside, Lacke und Verlustschmierstoffe, die auf öl-, stärke- und zuckerliefernden Industriepflanzen basieren, sind bereits heute im Handel. Weitere Erzeugnisse, wie biologisch abbaubare Biopolymere, neuartige Verpackungsmaterialien, Dämm- und Faserstoffe stehen kurz vor der Markteinführung. Darüberhinaus gibt es vielversprechende Ansätze für den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen bei Baustoffen, Spezialzellstoffen, Isoliermatten, Fliesen und Faserverbundmaterialien (Bocklet, 1994).

Als Industriepflanze für die Gewinnung technisch nutzbarer Fasern für derartige technische Anwendungsbereiche steht aus heimischem Anbau derzeit nur der Lein zur Verfügung. Bei dem Bemühen zur Wiederentwicklung des Industriepflanzenanbaus sollte als weitere bedeutende Faserpflanze der Faserhanf (*Cannabis sativa* L.) nicht ausgegrenzt werden (Dambroth, 1993). Der Hanfanbau ist aber nach dem Betäubungsmittelgesetz vom 28. Juli 1981 in Deutschland generell verboten. Dagegen gestattet eine Richtlinie der Europäischen Union den Faserhanfanbau unter der Bedingung, daß sein Gehalt an Tetrahydrocannabinol (THC), dem Wirkstoff der Droge Haschisch und Marihuana, 0,3 % in den oberen 30 cm der Fruchtstände nicht übersteigt. Der Europäische Sortenkatalog führt Sorten mit entsprechend niedrigen THC-Gehalten auf.

In der deutschen Öffentlichkeit finden derzeit zahlreiche Diskussionen über das Für und Wider einer Aufhebung des Anbauverbots für die Nutzpflanze Faserhanf statt. Wichtigste Voraussetzung für die Wiederentwicklung des Faserhanfanbaus ist, daß zunächst integrierte Forschungs- und Entwicklungskonzepte von der Züchtung THC-freier Sorten über ökonomische und ökologisch verträgliche Ernte- und Aufarbeitungstechniken bis hin zur Vermarktung des Hanfes entwickelt werden (Hoffmann, 1961; Dambroth, 1993). Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die agronomischen Aspekte des Hanfanbaus und das Ertragspotential moderner Sorten unter heutigen Anbaubedingungen zu untersuchen. Wie bei allen anderen über Jahrzehnte nicht genutzten Arten ist eine Überprüfung der in der Literatur beschriebenen Angaben notwendig. Dies gilt insbesondere für die Bestandesdichte der Pflanzen und die Mineraldüngung. Daher wurden die Biomasseproduktion sowie der Fasergehalt und Faserertrag zweier Faserhanfsorten bei unterschiedlichen Bestandesdichten und Stickstoffdüngungsstufen untersucht. Darüber hinaus wurde der Zellulose- und Ligningehalt für eine mögliche Nut-

zung von Hanf für die Zellstoff- und Papierproduktion bestimmt. Da Hanf nicht nur Fasern, sondern wie Lein auch Öl liefert, das für Nahrungs- und Nichtnahrungszwecke genutzt werden kann, wurde auch der Einfluß der pflanzenbaulichen Maßnahmen auf Korntrag und Ölgehalt sowie auf das Fettsäurespektrum des Öls untersucht. Ein besonders wichtiger Aspekt dieser Anbauversuche war schließlich die Bestimmung des Tetrahydrocannabinol-Gehaltes der beiden untersuchten Faserhanfsorten. Darüber wird in Kürze in dieser Zeitschrift berichtet.

Material und Methoden

Feldversuche mit den Faserhanfsorten Felina 34 und Kompolti Hybrid TC wurden 1992 und 1993 durchgeführt. Während Felina 34 eine monözische mittelfrühe Sorte ist (FNPC, Frankreich; aufgeführt im gemeinsamen Sortenkatalog für landwirtschaftliche Pflanzenarten der EU, 1989), stand mit Kompolti Hybrid TC eine diözische spät reifende F1-Hybride zur Verfügung (Bosca, Ungarn).

Die 2,5 x 26 m großen Versuchspartellen wurden in dreifacher Wiederholung in einer randomisierten Blockanlage angelegt. Pro Sorte wurden 1755 m² angebaut. Der Boden war ein anlehmiger Sand mit 30 bis 35 Bodenpunkten. Die Aussaat erfolgte in beiden Versuchsjahren Mitte Mai bei einem konstanten Reihenabstand von 12 cm, einer Ablagetiefe von 3 bis 4 cm und in den drei Aussaatstärken 150, 250 und 350 Samen/m² entsprechend den angestrebten Bestandesdichten BD1, BD2 und BD3.

Innerhalb dieser drei Bestandesdichten wurde die Stickstoffdüngung (Kalkammonsalpeter) in den drei Stufen: ohne Stickstoff (N0), 60 kg N/ha (N60) und 120 kg N/ha (N120), variiert. Der Stickstoff wurde jeweils in zwei Gaben appliziert, die erste direkt nach der Aussaat, die zweite vier Wochen später.

In beiden Versuchsjahren fielen insgesamt 613 und 686 mm Niederschlag (langjähriges Mittel 619 mm), während der Vegetationsperiode des Hanfes (Mai bis September) 182 und 381 mm (langjähriges Mittel 321 mm). Aufgrund der geringen Niederschlagsmenge 1992 wurden 125 mm in fünf Gaben zusätzlich beregnet.

In beiden Jahren wurde keine Unkrautbekämpfung vorgenommen. Da weder Krankheiten noch Schädlinge zu beobachten waren, konnte auch auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln verzichtet werden.

Der Feldaufgang, die Anzahl männlicher und weiblicher bzw. monözischer Pflanzen, sowie die Anzahl der zur Zeit der Ernte vorhandenen Pflanzen wurde an gekennzeichneten Quadratmeterflächen ermittelt.

Zur Ermittlung des Fasergehaltes wurden die Hanfpflanzen geerntet, sobald mehr als die Hälfte der Blütenstände der männlichen Pflanzen zu welken (Anonym, 1962) und die Früchte (Achänen) der weiblichen bzw. monözischen Pflanzen zu reifen begannen (Bredemann, 1922), d.h., als 30 bis 50 % der Samen druckfest wurden (de Meijer et al., 1992).

Pro Versuchsglied wurde jeweils eine hinsichtlich Wuchshöhe und Stengeldicke repräsentative Stichprobe von 25 männlichen und 50 weiblichen bzw. monözischen Pflanzen per Hand mit den Wurzeln aus dem Boden gezogen (gerauft) und die Sproßlängen von der Keimblattnarbe bis zur Sproßspitze sowie die Durchmesser in der Sproßmitte gemessen (n=25). Nach mehrwöchiger Lufttrocknung wurden die Wurzeln an der Keimblattnarbe, Früchte und Blätter, sowie vereinzelt auftretende Verzweigungen entfernt. Pro Versuchsglied wurden dann jeweils drei der so vorbereiteten Sprosse in vierfacher Wiederholung zusammengefaßt und die Trockenmasse ermittelt. Der Feuchtegehalt dieser Proben wurde an weiteren unter gleichartigen Bedingungen gelagerten Sprossen bestimmt (n = 5, Doppelbestimmung) und dann allen gleichzeitig entnommenen Proben zur Berechnung des Fasergehaltes in der Stengel trockenmasse zugrunde gelegt.

Um den Holzteil von dem die Fasern enthaltenden Bastteil der Stengel trennen zu können, wurde ein Voraufschluß in Form einer anaeroben 'Warmwasserröste' vorgenommen. Hierfür wurden die zusammengeknickten Stengelproben in mit Wasser gefüllten Kunststoffzylindern (12 x 100 cm) bei 30 ± 2 °C für 8 Tage inkubiert und anschließend die Rinde per Hand vollständig vom Holz abgezogen. Die Rindenstreifen wurden durch einstündiges Kochen in 2 %iger Natronlauge weiter aufgeschlossen, zur Entfernung von Epidermis- und Parenchymzellresten in einem Sieb (0,8 mm Maschen) mit einem scharfen Wasserstrahl ausgespritzt. Schließlich wurde die Trockenmasse der so erzeugten 'Reinfaser' und der Fasergehalt (in %) bezogen auf die Stengel trockenmasse bestimmt (Bredemann, 1922, 1942).

Die Ermittlung der Trockenmasseerträge der Stengel sowie der Fasererträge in dt/ha zur Zeit der Faserreife beruht auf der oben dargestellten Stichprobenemte und einer Multiplikation mit der Pflanzenanzahl der Quadratmeterzählung.

Zur Zeit der Samenreife wurden Quadratmeterernten durchgeführt.

Zur Bestimmung des Zellulose- und des Ligningehaltes wurden bei 60 °C getrocknete Mischproben aus jeweils 5 Sprossen pro Probe in einer Brabender-Mühle (Sieb 0,75 mm) vorgemahlen und nach gründlichem Durchmi-

schen Subproben in einer Fritsch-Pulverisette (Sieb 0,5 mm) feingemahlen. Rohzellulose- und Rohligningehalte wurden dann mit Hilfe saurer Detergenzlösung aus Säuredetergenzfaser (ADF, aschefrei) bestimmt und die Ergebnisse auf die Sproß-Trockenmasse bezogen (VDLUFA, 1988).

Die Bestimmung des Ölgehaltes des Korns erfolgte mittels Kernresonanz-Spektrometrie (NMR) und die Zusammensetzung des Öls wurde gaschromatographisch ermittelt (WG-11-Säule, N₂ als Trägergas, Ofentemperatur von 240 °C und einer FID-Temperatur von 280 °C).

Die Analysen der Nährstoffgehalte erfolgten für Stickstoff nach Kjeldahl, für Phosphor und Kalium nach Schaumlöffel (1960).

Varianz- und Korrelationsanalysen wurden mit dem Statistikprogramm SAS durchgeführt. Mittelwertvergleiche der Haupteffekte zur Prüfung auf Signifikanz wurden mit dem Duncan-Test durchgeführt, wobei eine Irrtumswahrscheinlichkeit von P=0,05 zugrunde lag.

Ergebnisse und Diskussion

Pflanzenentwicklung

In beiden Versuchsjahren begann das Auflaufen der Saat der beiden Sorten Felina 34 und Kompolti Hybrid TC etwa eine Woche nach der Aussaat. Zunächst erfolgte das Wachstum recht langsam, mitaufgelaufene Unkräuter und Ungräser wuchsen dagegen schneller. Nach ca. 4 Wochen, Mitte Juni, setzte dann eine sehr starke Wachstumsphase des Hanfes ein (Abbildung 1), während der Zuwächse von 20-40 cm pro Woche erreicht wurden. Unkräuter und Ungräser wurden in dieser Phase durch den dichten Hanfbestand so stark unterdrückt, daß sie abstarben. Mit Beginn der Blütenbildung stellte der Hanf sein Längenwachstum im wesentlichen ein.

Die beiden Hanfsorten zeigten Unterschiede im photoperiodischen Verhalten. Die monözische Sorte Felina blühte früher als die diözische Sorte Kompolti. Im Versuchsjahr 92 setzte die Blütenbildung der monözischen Pflanzen von

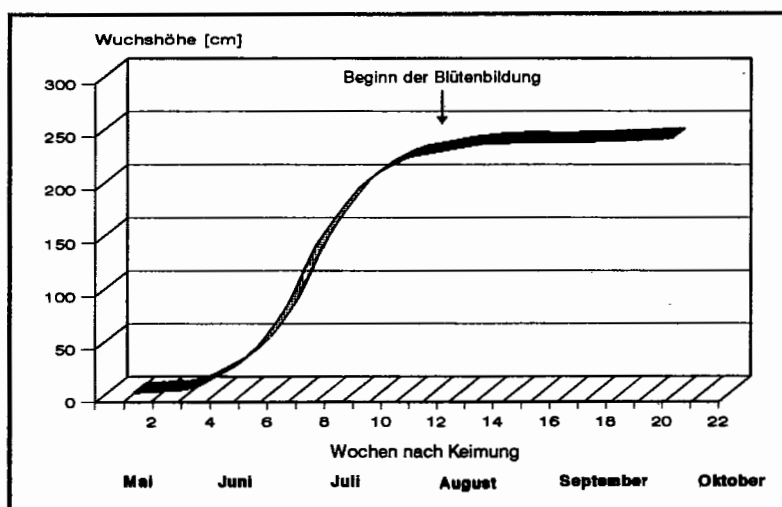


Abbildung 1: Wachstumskurve eines Hanfbestandes

Felina etwa Mitte Juli (8 Wochen nach dem Auflaufen) bzw. der weiblichen Pflanzen von Kompolti etwa Anfang August ein (10 Wochen nach dem Auflaufen). Der Anteil männlicher Pflanzen lag bei 8 % bzw. 27 %. Das unterschiedliche Blühverhalten der beiden Sorten wirkte sich auf die Reifetermine aus. Die Faserreife wurde 1992 von Felina im August und von Kompolti Anfang September erreicht. Die Samenreifetermine lagen ca. 4 Wochen später. Aufgrund der feuchtkühlen Witterung im Jahr 1993 blieben die Pflanzen länger in der vegetativen Phase und der Blütenbildungsbeginn verzögerte sich um ca. zwei Wochen. Insbesondere bei der Sorte Kompolti konnten viele angesetzte Samen nicht mehr ausreichend gefüllt werden, und dies war bei dem ohnehin späten Reifetermin dieser Sorte auch bereits 1992 beobachtet worden.

Bestandesdichte

Die Bestandesdichten von 150, 250 und 350 Pflanzen/m² konnten nur teilweise erreicht werden (Tabelle 1). Je höher die angestrebte Bestandesdichte, um so höher war insbesondere 1992 die Differenz zwischen ihr und der tatsächlich erreichten. Im Jahr 1993 konnte dagegen aufgrund höherer Aussaatstärke die angestrebte Bestandesdichte meist besser erreicht werden. Der Feldaufgang war in beiden Jahren bei der Sorte Felina grundsätzlich höher, z. T. bedingt durch eine etwas höhere Keimfähigkeit. Bis zur Ernte reduzierten sich die Bestandesdichten aufgrund des Konkurrenzverhaltens der Hanfpflanzen besonders stark im Jahr 1993. Die Reduktion fiel in der Regel mit steigender angestrebter Bestandesdichte sowie steigender Stickstoffdüngung höher aus.

Eine Abnahme der Hanfpflanzenanzahl pro Flächeneinheit während der Bestandesentwicklung wurde bereits in der Literatur beschrieben. Nach Angaben aus Deutschland, Italien, den Niederlanden und England ist die Pflanzendichte kurz nach dem Auflaufen mindestens doppelt so hoch wie zur Ernte (Heuser, 1927; Hoffmann, 1961; Rivoira und Marras, 1975; van der Werf, 1991; Low, 1994). Schwächliche Pflanzen werden unterdrückt, sterben ab oder bilden den sog. "Unterhanf" (Hoffmann, 1961). Eine Verringerung der Differenz zwischen Anfangs- und Endbestand kann möglicherweise durch homogenere Umweltbedingungen bei der Keimung und Jugendentwicklung erreicht werden (van der Werf, 1991), sowie durch eine höhere Vitalität der Keimlinge und Jungpflanzen, damit möglichst viele Pflanzen die durchschnittliche Höhe des Bestandes erreichen (Hoffmann, 1961).

Tabelle 1: Bestandesdichten von Felina 34 und Kompolti Hybrid TC

VARIANTEN Bestandesdichte (BD) Stickstoffstufe (N)			FELINA 34		KOMPOLTI TC	
			1992	1993	1992	1993
BD ₁	angestrebt	[Pfl/m ²]	150	150	150	150
	Feldaufgang	[Pfl/m ²]	109	167	96	153
	Ernte	[Pfl/m ²]	107	113	92	86
	Rückgang	[%]	1,9	30,7	5,0	43,1
BD ₂	angestrebt	[Pfl/m ²]	250	250	250	250
	Feldaufgang	[Pfl/m ²]	178	231	161	193
	Ernte	[Pfl/m ²]	171	147	147	125
	Rückgang	[%]	3,6	34,7	8,7	30,5
BD ₃	angestrebt	[Pfl/m ²]	350	350	350	350
	Feldaufgang	[Pfl/m ²]	193	287	206	202
	Ernte	[Pfl/m ²]	184	174	190	106
	Rückgang	[%]	4,6	38,9	6,8	47,6
N ₀	angestrebt	[Pfl/m ²]	250	250	250	250
	Feldaufgang	[Pfl/m ²]	159	241	159	196
	Ernte	[Pfl/m ²]	161	188	147	124
	Rückgang	[%]	-1,2	21,6	6,0	33,4
N ₆₀	angestrebt	[Pfl/m ²]	250	250	250	250
	Feldaufgang	[Pfl/m ²]	162	205	152	186
	Ernte	[Pfl/m ²]	153	141	146	111
	Rückgang	[%]	4,2	29,8	4,3	39,8
N ₁₂₀	angestrebt	[Pfl/m ²]	250	250	250	250
	Feldaufgang	[Pfl/m ²]	158	239	150	165
	Ernte	[Pfl/m ²]	147	106	136	82
	Rückgang	[%]	7,0	52,9	10,2	51,0

Stengellänge und -durchmesser

Zum Zeitpunkt der Faserreife waren die Stengel der weiblichen Pflanzen von Kompolti über alle Varianten im Mittel mit 247 cm etwa 50 cm länger als 1992 (191 cm), während die Wuchshöhen der monözischen Pflanzen von Felina 191 cm (1993) und 169 cm (1992) betragen. Die männlichen Pflanzen übertrafen sie 1993 im Mittel aller Varianten um ca. 40 cm bei Felina und um 50 cm bei Kompolti (Tabelle 2, Daten von 1992 standen nicht zur Verfügung). Höhere Niederschläge wirkten sich offensichtlich im Anbaujahr 1993 im Vergleich zu 1992 besonders bei der Sorte Kompolti positiv auf die technische Stengellänge (verlängertes vegetatives Wachstum) und den Stengeldurchmesser sowie auf Trockenmasse- und Fasererträge aus. Die Pflanzenlänge hängt jedoch wesentlich von der Dauer der vegetativen Phase ab, so daß die Pflanzen spätreifender Hanfsorten, wie z.B. Kompolti, im allgemeinen größer werden als diejenigen früherer Sorten, wie z.B. Felina (Heuser, 1927; Hoffmann, 1961).

Die Pflanzenhöhe nimmt mit zunehmender Bestandesdichte ab (van der Werf, 1991). Ein derartiger Einfluß auf die Wuchshöhe war hier nicht abzusichern, sondern nur in der Tendenz zu beobachten; signifikant höher wuchsen aber Pflanzen der gedüngten im Vergleich zu den ungedüngten Varianten (Tabelle 2). Durch äußere Einflüsse ist die Länge

Tabelle 2: Wuchshöhen, Stengeldurchmesser und Fasergehalte von Felina 34 und Kompolti Hybrid TC

FELINA 34		monözisch					männlich					
VARIANTEN Bestandesdichte (BD) Stickstoffstufe (N)	Wuchshöhe		Stengeldurchmesser		Fasergehalt		Wuchshöhe		Stengeldurchmesser		Fasergehalt	
	1992	1993	1992	1993	1992	1993	1993	1993	1992	1993		
	—cm—		—mm—		—%—		-cm-	—mm—		—%—		
BD ₁	181a	197a	5,0a	7,1a	18,1a	18,2a	236a	5,9a	21,0a	22,6a		
BD ₂	164b	189ab	4,3b	6,5b	18,3a	18,8a	227a	5,7b	21,9a	21,7a		
BD ₃	160b	186b	4,1b	6,5b	17,3a	18,6a	225a	5,6b	22,3a	22,2a		
N ₀	143a	169a	3,5a	5,5a	17,9ab	18,9a	210a	5,0a	21,7a	22,8a		
N ₆₀	177b	197b	4,7b	7,0b	18,6b	18,6a	232ab	5,8b	21,6a	22,2a		
N ₁₂₀	186b	206c	5,3c	7,7c	17,3a	18,1a	246b	6,3b	21,8a	21,4a		

KOMPOLTI TC		weiblich					männlich					
VARIANTEN Bestandesdichte (BD) Stickstoffstufe (N)	Wuchshöhe		Stengeldurchmesser		Fasergehalt		Wuchshöhe		Stengeldurchmesser		Fasergehalt	
	1992	1993	1992	1993	1992	1993	1993	1993	1992	1993		
	—cm—		—mm—		—%—		-cm-	—mm—		—%—		
BD ₁	201a	257a	5,4a	9,7a	19,1a	23,8a	297a	9,8a	24,6a	24,8a		
BD ₂	184a	240a	4,6b	8,4b	20,6a	23,9a	294a	9,1b	23,2a	25,0a		
BD ₃	189a	245a	4,6b	8,2b	19,7a	23,8a	303a	9,2b	23,0a	24,7a		
N ₀	171a	232a	4,1a	8,2a	20,9a	24,1a	290a	8,4a	23,7a	25,8a		
N ₆₀	200b	253a	4,9b	9,2b	19,6a	24,0a	256b	9,5b	23,8a	24,9b		
N ₁₂₀	203b	257a	5,5c	9,1b	19,0a	23,6a	309a	10,1b	23,3a	23,9b		

der Hanfstengel stark beeinflussbar. Heuser (1927) beobachtete extrem unterschiedliche Stengelhöhen von 0,80 bis 1,80 m in Abhängigkeit von Bodenarten und von Stickstoffdüngungsstufen.

Während die Stengeldurchmesser 1992 bei beiden Sorten zwischen 3,5 und 5,5 mm variierten, erreichten sie 1993 insbesondere bei Kompolti mit bis zu 9,7 mm erheblich höhere Werte (Tabelle 2). In der Regel sanken die Durchmesser mit steigender Bestandesdichte signifikant und stiegen mit steigender Stickstoffdüngung. Die Anbauversuche zeigten, daß zwischen der Wuchshöhe und dem Stengeldurchmesser eine hohe positive Korrelation bestand ($r = 0,87^{***}$). Bei Felina war eine solche Beziehung in beiden Versuchsjahren mit $0,97^{***}$ (1992) und $0,91^{***}$ (1993) stärker ausgeprägt als bei Kompolti mit $0,67^{***}$ und $0,68^{***}$.

Fasergehalte

Die Reinfasergehalte von Kompolti erreichten mit 19 bis 25,8 % (Spannweite männlicher und weiblicher Pflanzen) höhere Werte als die von Felina (17,3 bis 22,8 %), wobei die männlichen Pflanzen jeweils höhere Gehalte als die weiblichen bzw. monözischen Pflanzen aufwiesen (Tabelle 2). Ein signifikanter Einfluß der Bestandesdichte auf den Fasergehalt wurde nicht beobachtet, in der Tendenz waren die Fasergehalte in der mittleren Bestandesdichte am höchsten. Bei den männlichen Pflanzen wurde dies nicht eindeutig beobachtet. Andere Autoren stellten dahingegen einen Anstieg des Fasergehaltes mit zunehmender Pflanzendichte fest (van der

Werf, 1991). Dies war möglicherweise bedingt durch ein geringeres sekundäres Dickenwachstum der Stengel bei höherer Pflanzendichte. Sehr hohe Stickstoffgaben wirkten sich bei allen Pflanzen in der Tendenz negativ auf den Fasergehalt aus, was auch schon von Aukema und Friederich (1957) beobachtet worden war. Zwischen den Versuchsjahren konnte bei Felina kein deutlicher Unterschied im Fasergehalt festgestellt werden. Bei Kompolti lagen 1993 diese Gehalte bei den weiblichen Pflanzen deutlich, bei den männlichen aber nur geringfügig höher. Grundsätzlich sind höhere Fasergehalte bei männlichen Pflanzen beider Sorten erzielt worden.

Bei Fasergehaltsangaben muß zwischen dem häufiger gebrauchten Begriff "Röstoffasergehalt" und dem "Reinfasergehalt" differenziert werden. Brede mann (1922, 1942) bezeichnete die nach dem hier angewendeten Verfahren gewonnenen Fasern als "Reinfasern", da sie mazeriert und sehr rein sind und teilweise als Einzelfasern vorliegen. Die Ausbeute an technischen Röstoffasern ist naturgemäß höher als der Reinfasergehalt. Durch Multiplikation mit dem Korrekturfaktor 1,3 kann aus dem Reinfasergehalt die zu erwartende Röstoffaserausbeute errechnet werden. Bei seinen Züchtungsarbeiten (1922 bis 1953) fand Brede mann Elite-Weibchen mit bis zu 31,8 % Reinfaser. In jüngerer Zeit wurden Eliten mit 37 % Reinfaser gefunden und in Ungarn lag der Faseranteil bei einer Kompolti-Sorte bereits bei 34,8 %, was einer technischen Ausbeute an Röstoffaser von über 40 % entsprechen würde (Hoffmann et al. 1970).

Tabelle 3: Trockenmasse- und Fasererträge männlicher Pflanzen von Felina 34 und Kompolti Hybrid TC

FELINA 34		männliche Pflanzen							
VARIANTEN Bestandesdichte (BD) Stickstoffstufe (N)	Trockenmasseertrag				Faserertrag				
	1992	1993	1992	1993	1992	1993	1992	1993	
	—g/Pfl—		—dt/ha—		—g/Pfl—		—dt/ha—		
BD ₁	9,4a	12,1a	8,0a	10,1a	2,0a	2,7a	1,7a	2,3a	
BD ₂	5,7b	11,6a	7,3a	12,2ab	1,2b	2,5a	1,6a	2,6ab	
BD ₃	5,6b	13,0a	8,0a	13,0b	1,2b	2,8a	1,8a	3,3b	
N ₀	4,3a	7,8a	4,9a	10,7a	0,9a	1,8a	1,1a	2,5a	
N ₆₀	8,4b	11,4b	9,6b	12,0a	1,8b	2,5b	2,0b	2,7a	
N ₁₂₀	8,0b	17,5c	8,8b	14,5a	1,7b	3,5c	1,9b	3,0a	
KOMPOLTI TC		—g/Pfl—		—dt/ha—		—g/Pfl—		—dt/ha—	
BD ₁	12,4a	37,4a	23,6a	70,2a	3,0a	9,2a	5,8a	17,4a	
BD ₂	8,8b	31,6a	28,5a	83,9a	2,1a	7,9a	6,7a	21,0a	
BD ₃	9,2b	36,3a	39,7b	78,6a	2,1a	8,9a	9,3b	19,2a	
N ₀	6,8a	32,4a	21,6a	84,5a	1,6a	8,3a	5,2a	21,5a	
N ₆₀	10,4b	31,4a	33,2b	76,6a	2,5b	7,7a	8,0b	18,9a	
N ₁₂₀	13,3b	41,6a	37,0b	71,7a	3,1b	9,9a	8,6b	17,2a	

Über den Einfluß von Bestandesdichte und Stickstoffdüngung auf die Faserqualität wird an anderer Stelle berichtet werden (Landbauforschung Völknerode, in Vorbereitung).

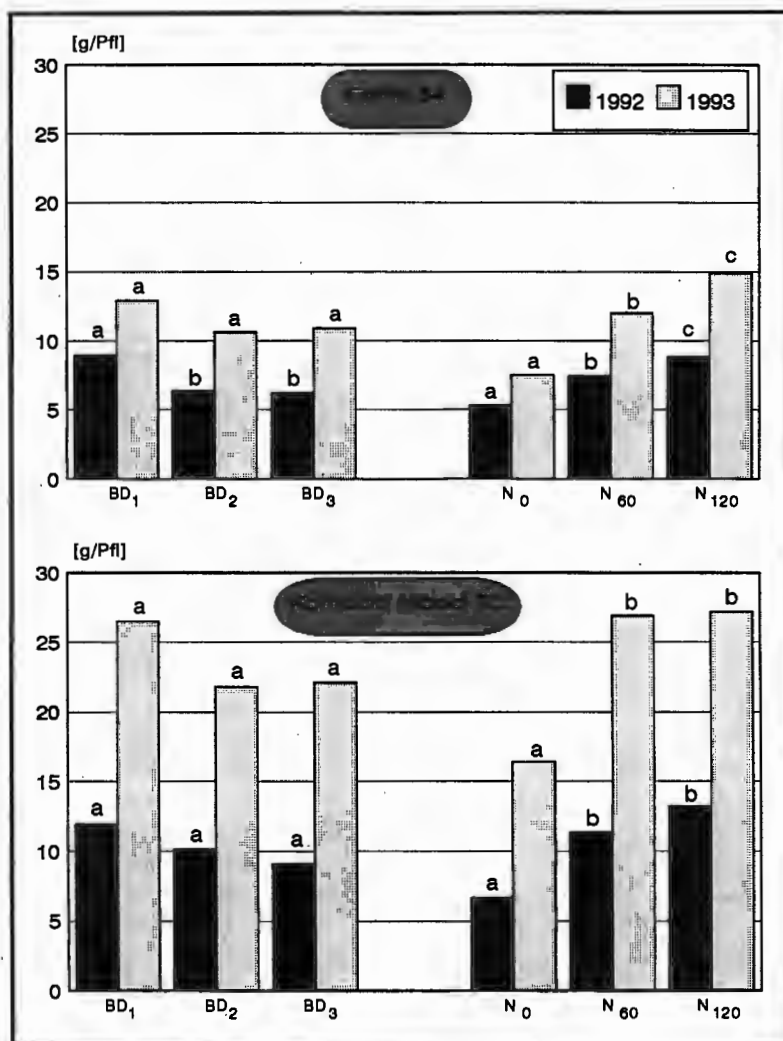
Trockenmasse- und Fasererträge von Einzelpflanzen

Die Trockenmasseerträge der monözischen bzw. weiblichen Einzelpflanzen der beiden Sorten rangierten im Mittel der Varianten 1992 bei Felina zwischen 5,3 und 8,9 g, bei Kompolti zwischen 6,7 und 13,2 g (Abbildung 2). Während die Einzelpflanzen erträge in dem niederschlagsreichen Jahr 1993 bei Felina bis auf 14,9 g anstiegen, verdoppelten sie sich bei Kompolti auf bis zu 27,2 g

Trockenmasse. Entsprechende Tendenzen konnten auf niedrigerem Niveau bei den Fasererträgen festgestellt werden (Abbildung 3). In beiden Versuchsjahren nahmen die Trockenmasse- und Fasererträge beider Sorten tendenziell mit zunehmender Bestandesdichte ab.

Eine höhere Stickstoffdüngung führte in der Regel zu signifikant höheren Einzelpflanzen erträgen. Die männlichen Pflanzen reagierten im Vergleich zu den monözischen bzw. weiblichen Einzelpflanzen fast immer gleich (Tabelle 3). Auch nach van der Werf (1994) nahm der Stengelertrag mit der Stickstoffdüngung bis zu einer Dosis von 120 oder 160 kg/ha zu. Aukema und Friederich (1975) erzielten die höchsten Trockenmasse- und Fasererträge bei 200 kg/ha, der Bastfasergehalt im Sproß nahm hier jedoch mit steigender Stickstoffdüngung ab. Aufgrund einer kräftigeren Stengelbildung mit größerer Wuchshöhe von Kompolti erreichten sowohl die weiblichen als auch männlichen Pflanzen höhere Ertragswerte als die Sorte Felina. Die Wassergehalte der Pflanzen lagen zur Zeit der Faserernte 1992 im Mittel aller Varianten bei Kompolti mit 67 % etwas höher als bei Felina (64 %), während sie 1993 bei beiden Sorten 70 % betragen.

Abbildung 2: Trockenmasseertrag (g/Pfl) monözischer bzw. weiblicher Einzelpflanzen von Felina 34 und Kompolti Hybrid TC



Flächenbezogene Trockenmasse- und Fasererträge

Die höchsten Trockenmasseerträge der monözischen bzw. weiblichen Pflanzen konnten bei Felina im Mittel mit 105,1 dt/ha (1992) und 138 dt/ha (1993) im dichtesten Bestand erzielt werden (Abbildung 4). Kompolti zeigte in den Versuchsjahren Unterschiede. Im Jahr 1992 lagen die höchsten Erträge im Mittel in der dichtesten Bestandesdichte (137,5 dt/ha), 1993 reichte dagegen die mittlere Bestandesdichte aus (169,6 dt/ha). Allerdings war 1993 bei BD2 und BD3 kein deutlicher Unterschied in der Pflanzenanzahl zur Erntereife zu beobachten (Tabelle 1). Gleiche Tendenzen ergaben sich bei den Fasererträgen (Abbildung 5). Aufgrund der Stickstoffdüngung konnten bei beiden Sorten in beiden Versuchsjahren hohe Trockenmasse- und Fasererträge in den Stufen 60 und 120 kg N/ha erzielt werden. Es zeigte sich, daß die höchste Stickstoffgabe nicht mehr signifikant ertragswirksam war (Abbildungen 4 und 5). Der bei Kompolti im Jahre 1993 gegenüber 1992 in der höchsten Stickstoffstufe starke Ertragsabfall ist teilweise auf die in dieser Düngungsstufe hohe Reduktion der Pflanzenanzahl zwischen Feldaufgang und Ernte zurückzuführen (Tabelle 1). Bei Kompolti waren die Erträge männlicher Pflanzen durch deren prozentual hohen Anteil am Pflanzenbestand sehr viel höher als bei Felina (Tabelle 3).

Für den praktischen Anbau von Faserhanf reicht eine Stickstoffdüngung zwischen 60 bis 100 kg/ha völlig aus. Die optimale Bestandesdichte ist sortenabhängig. Während bei Kompolti nach dem Feldaufgang 200 bis 250 Pfl./m²

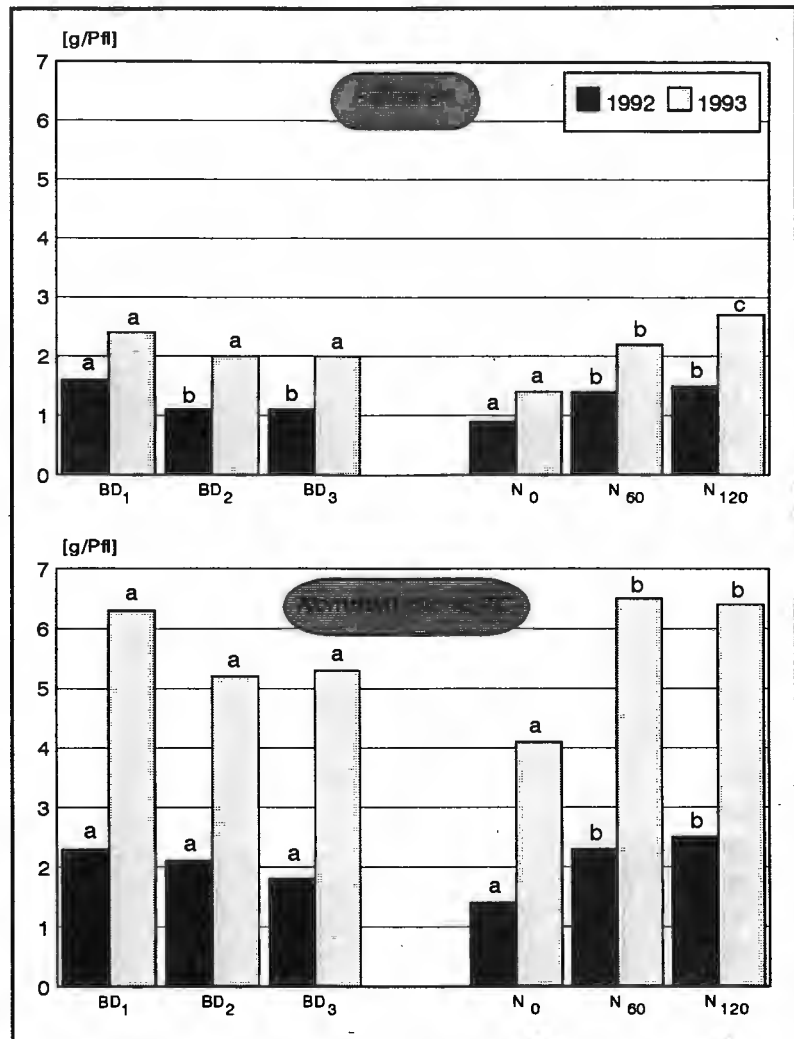


Abbildung 3: Faserertrag (g/Pfl.) monözischer bzw. weiblicher Einzelpflanzen von Felina 34 und Kompolti Hybrid TC

Tabelle 4: Lignin- und Zellulosegehalte monözischer bzw. weiblicher Pflanzen von Felina 34 und Kompolti Hybrid TC

VARIANTEN Bestandesdichte (BD) Stickstoffstufe (N)	FELINA 34		KOMPOLTI TC	
	monözisch		weiblich	
	Lignin- gehalt	Zellulose- gehalt	Lignin- gehalt	Zellulose- gehalt
	1993			
	%			
BD ₁	9,7a	58,4a	8,3a	57,4a
BD ₂	9,8a	59,7b	9,1a	60,0a
BD ₃	9,9a	59,1ab	9,1a	60,1a
N ₀	9,9a	59,3a	8,8ab	60,2a
N ₆₀	10,1a	59,5a	9,5b	60,4a
N ₁₂₀	9,4b	58,4a	8,3a	56,8a

erreicht werden sollten, liegt die optimale Bestandesdichte von Felina bei 300 bis 350 Pfl./m².

Unter niederländischen Bedingungen gelten hingegen eine Bestandesdichte von 90 Pfl./m² und eine Gesamtmenge von 170 kg N/ha (Dünger- und Bodenstickstoff) als die günstigsten, um optimale Stengelrockenmasseerträge von 8 bis 16 t/ha zu erzielen (van der Werf, 1994).

Zellulose- und Ligningehalte

Bei einer Nutzung von Hanf als Zellstofflieferant für die Papierindustrie sind Lignin- und Zellulosegehalte des Stengels von Interesse. Diese wurden nur im Jahr 1993 über alle Varianten erfaßt. Im Mittel lag der Ligningehalt bei Felina mit 9,8 % um 0,9 % höher als bei Kompolti (8,9 %) (Tabelle 4). Die Zellulosegehalte waren dagegen mit 59,1 und 59,2 % gleichwertig. Weder die Bestandesdichten noch die Stickstoffstufen

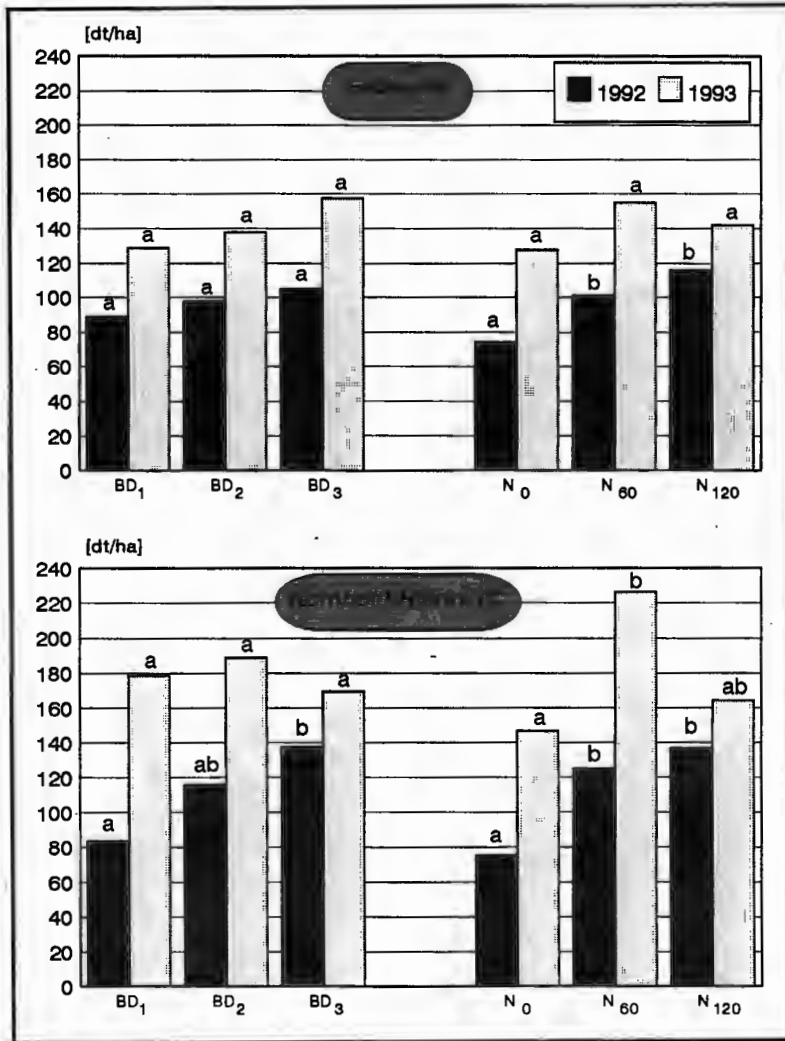


Abbildung 4: Trockenmasseertrag (dt/ha) monözischer bzw. weiblicher Pflanzenstengel von Felina 34 und Kompolti Hybrid TC

zeigten einen eindeutigen Einfluß auf beide Parameter. Tendenziell wirkten sich die niedrigste Bestandesdichte (BD₁) und die höchste Stickstoffstufe (N₁₂₀) am ehesten negativ auf den Zellulose- und Ligningehalt aus.

Die Zellulosegehalte von 59,1 bis 59,2 % der beiden Hanfsorten lagen damit etwa im unteren Bereich derjenigen von Hartholzstämmen (60 bis 70 %) und mit ihren Ligningehalten um etwa 10 % niedriger als Harthölzer (20 bis 25 %, Karus et al., 1993). Niedrige Ligningehalte verringern die Vergilbungsgefahr des Papiers und sind wünschenswert, da sie eine geringere Bleiche erfordern.

Die Kornträge wurden zum Zeitpunkt der Samenreife ermittelt. Im Falle einer Doppelnutzung des Stengels für die Fasergewinnung zur Zellstoffproduktion und des Samens zur Ölgewinnung wären die Kornträge durch eine frühere Ernte niedriger gewesen. Für eine reine Samenproduktion hätten niedrigere Bestandesdichten gewählt werden müssen (Heuser, 1927; Hoffmann et al., 1970), die dann voraussichtlich zu stärkerer Verzweigung und damit zu höheren Kornträgen geführt hätten.

Aufgrund der unter mitteleuropäischen Klimabedingungen zu späten Blüte und damit auch Kornreife von Kompolti fielen die Kornträge 1992 gegenüber Felina um mehr als die Hälfte niedriger aus (Tabelle 5; im Mittel 3,9 bzw. 9,8 dt/ha). Während bei Felina mit steigender Stickstoffstufe auch die Erträge signifikant anstiegen (vgl. auch Heuser, 1927; Tabara, 1987), konnten bei Kompolti nur gleichbleibende bzw. 1993 sogar fallende Erträge beobachtet werden. Da bei höherer Stickstoffstufe die Blütenbildung verzögert einsetzte, wirkte sich dieses gerade bei der feuchtkühlen Witterung im Jahr 1993 bei Kompolti stark negativ auf den Kornansatz aus. Die Witterung nahm ebenfalls bei beiden Sorten, insbesondere jedoch bei Kompolti, Einfluß auf die Höhe der Ergebnisse der Tausendkommasse, des Ölgehaltes und Öltrages sowie des Proteingehaltes. Im Mittel der Varianten lagen im klimatisch günstigeren Jahr 1992 die Tausendkommasse bei 15,9 (Felina) bzw. 17,3 g (Kompolti), der Ölgehalt bei 32,9 bzw. 30,4 % und der Öltrag bei 2,9 bzw. 1,1 dt/ha.

Die Zusammensetzung des Öls von Felina und Kompolti ist in Abbildung 6 dargestellt. Im wesentlichen dominieren die beiden Fettsäuren Linolsäure mit einem Gehalt von etwa 60 % und Linolensäure mit 20 %. Bei Felina ist der Gehalt der Linolsäure, bei Kompolti der Linolensäuregehalt geringfügig höher. Der Proteingehalt lag beim Vergleich der Versuchsjahre 1993 bei Felina und 1992 bei Kompolti höher.

Blütenbildung, Samenansatz und Kornfüllung fallen bei Hanf im Gegensatz zu vielen anderen Ölpflanzen in die Zeit abnehmender Tageslängen und niedriger Durchschnittstemperaturen. Dieses wirkte sich insbesondere bei der Sorte Kompolti negativ auf die Ertrags- und Inhaltsstoffbildung aus, aber auch für die Sorte Felina können die klimatischen Bedingungen für eine Kornproduktion nicht als optimal bezeichnet werden.

Für die Ölproduktion werden Sorten mit kurzer Wachstumsphase benötigt. Gaucá et al. (1990) fanden nämlich bei

einem Sortenvergleich, daß bei einer um 30 Tage verkürzten vegetativen Wachstumsphase der Samenertrag um 50 % höher war.

Nährstoffentzüge

Die Nährstoffentzüge zum Zeitpunkt der Kornreife sind in Tabelle 6 zusammengefaßt. An dieser Stelle wird im wesentlichen auf den Stickstoff eingegangen, da nur dieser im Angebot variiert wurde. Mit dem Kraut wurde im Mittel der Varianten im Jahr 1992 von Felina (max. 10,8 t/ha) und Kompolti (max. 11,5 t/ha) mehr Stickstoff entzogen als 1993. Beim Korn war dieser Entzug zumindest bei Felina mit max. 40,4 t/ha (1992) und 50 t/ha (1993) entgegengesetzt. Einerseits hat die 1993 gebildete höhere Krautrockenmasse (Abbildungen 2 und 4) bei gleichem Stickstoffangebot zu einem Verdünnungseffekt bei Stickstoff geführt (Gehalte und Gesamtentzüge lagen niedriger), andererseits ist mehr Stickstoff in das Korn verlagert worden (Gehalte lagen höher). Bei Kompolti wurde die Kornfüllungsphase 1993 witterungsbedingt abgebrochen, somit lag im Kornentzug kein Unterschied zu 1992 vor. Bei beiden Sorten wirkte sich dieses ebenfalls auf den Proteingehalt aus (Tabelle 5). Mit höherem Stickstoffangebot wurde bei beiden Sorten zumindest mit dem Kraut auch meist signifikant mehr Stickstoff entzogen. Die Phosphorentzüge des Krautes waren 1993 niedriger, die Kaliumentzüge etwa gleich. Vom Korn wurde insbesondere bei Kompolti mehr Phosphor und Kalium entzogen. Entscheidend war hier möglicherweise der im Jahr 1993 geringere Kornentzug, der zu einer höheren Konzentration des Einzelkorns führte.

Ausblick

In den letzten zwei bis drei Jahren wurden in maritimen Vegetationszonen (Niederlande, England) parallel Hanfanbauversuche durchgeführt (van der Werf, 1991 und 1994; de Meijer, 1994; Low, 1994). Unter ähnlichen Rahmenbedingungen und ohne Herbizideinsatz wurden vergleichbare Erträge erzielt wie in der vorliegenden Untersuchung. In Ländern mit mehr kontinentalem Klima wie Deutschland stellen Pilzkrankheiten nach unseren Beobachtungen und früheren Literaturangaben (Heuser, 1927) kein wesentliches Problem dar. In den Niederlanden traten jedoch in niederschlagsreichen Jahren Pilzkrankungen auf, insbesondere *Botrytis cinerea*, die den Einsatz von Fungiziden notwendig machten. Daher wird für den Hanfanbau in atlantischen Klimazonen die Züchtung resistenter Sorten für erforderlich gehalten (van der Werf, 1994). Bei

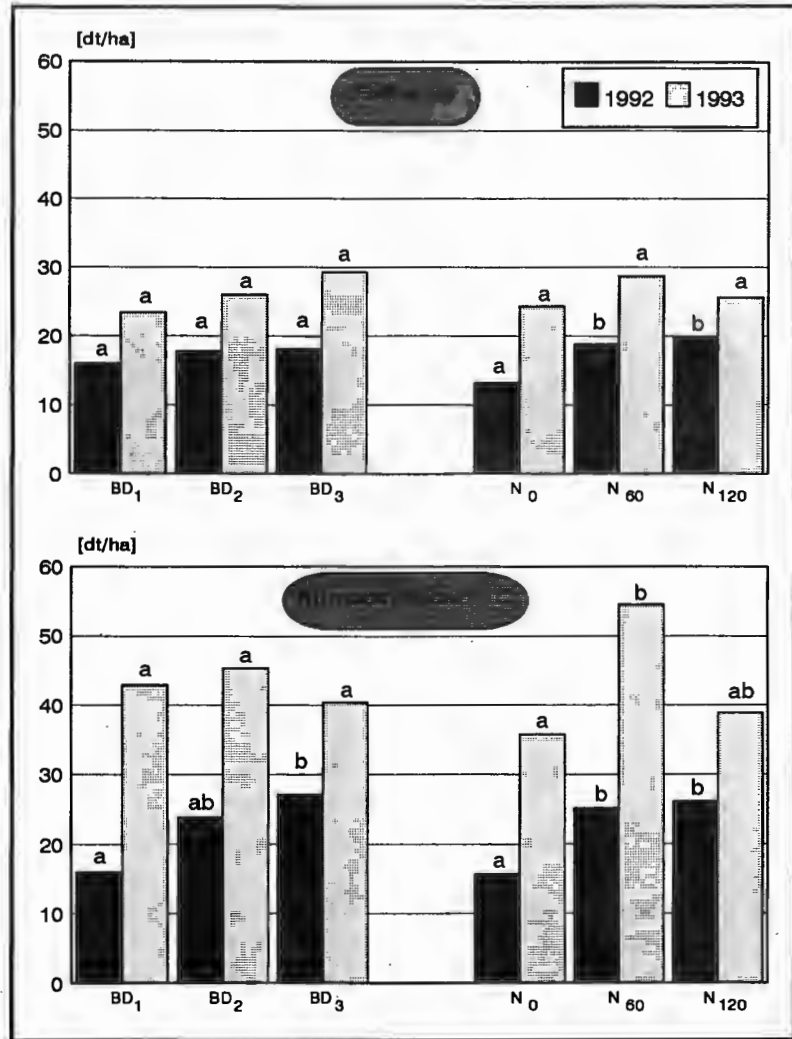


Abbildung 5: Faserertrag (dt/ha) monöischer bzw. weiblicher Pflanzen von Felina 34 und Kompolti Hybrid TC

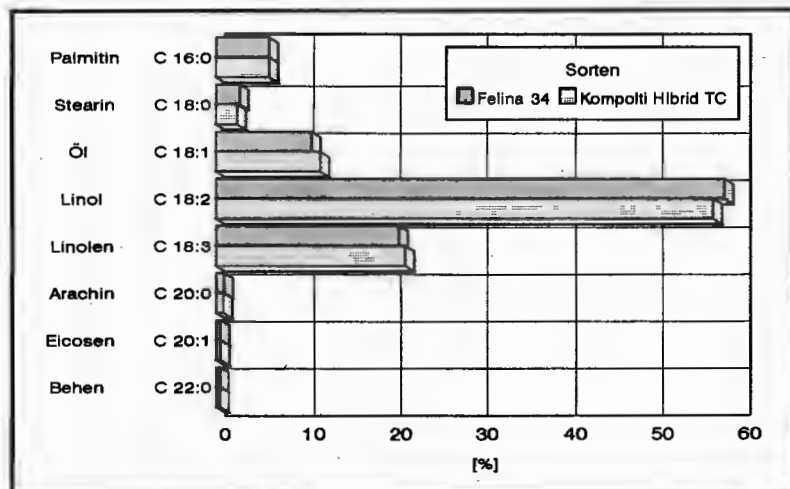


Abbildung 6: Fettsäurespektrum von Felina 34 und Kompolti Hybrid TC

Tabelle 5: Korn-ertrag, Tausendkornmasse (TKM), Öl-gehalt und -ertrag sowie Proteingehalt von Felina 34 und Kompolti Hybrid TC

FELINA 34										
VARIANTEN Bestandesdichte (BD) Stickstoffstufe (N)	Korn- ertrag		TKM		Öl- gehalt		Öl- ertrag		Protein- gehalt	
	1992	1993	1992	1993	1992	1993	1992	1993	1992	1993
	—dt/ha—		—g—		—%—		—dt/ha—		—%—	
BD ₁	8,5a	8,8a	15,7a	14,2a	32,7a	29,1a	2,5a	2,3a	23,9a	31,3a
BD ₂	10,3b	9,0a	16,2b	14,2a	32,9a	29,7ab	3,1b	2,4ab	23,5a	29,7a
BD ₃	10,5b	10,3a	15,9b	15,0a	33,2a	30,7b	3,2b	2,9b	24,2a	29,9a
N ₀	7,8a	7,4a	15,9a	14,3a	33,0ab	31,1a	2,4a	2,1a	22,9a	29,2a
N ₆₀	10,7b	9,1b	16,1a	14,8a	33,3a	29,5b	3,3b	2,5a	23,4a	30,6ab
N ₁₂₀	10,8b	11,6c	15,7a	14,3a	32,5b	28,9b	3,2b	3,1b	25,3b	31,2b
KOMPOLTI TC										
	—dt/ha—		—g—		—%—		—dt/ha—		—%—	
BD ₁	5,1a	0,9a	17,4a	14,2a	29,9a	23,5a	1,4a	0,2a	24,2a	23,1a
BD ₂	3,2b	0,9a	17,3a	14,8a	30,8a	23,3a	0,9b	0,2a	24,4a	22,9ab
BD ₃	3,5b	0,8a	17,2a	14,6a	30,5a	23,6a	0,9b	0,2a	25,3a	21,6b
N ₀	3,3a	1,2a	17,5a	15,6a	29,5a	24,4a	0,9a	0,3a	23,9a	21,8a
N ₆₀	4,6a	0,8ab	17,3a	15,0a	30,7ab	23,2ab	1,3b	0,2b	25,3a	22,6a
N ₁₂₀	3,6a	0,6b	17,1a	13,1b	31,1b	22,8b	1,1ab	0,1b	24,7a	23,2a

den niederländischen Anbauversuchen traten als Folge sehr enger Fruchtfolgen, in denen Kartoffeln und Rüben dominieren, darüberhinaus auch Nematodenprobleme auf (de Meijer, 1994). Hanf kann sicher nicht als "Wunderpflanze" angesehen werden, doch kann er Fasern für die Nicht-Textil- und Papierproduktion liefern (van der Werf, 1994).

Eine von der Europäischen Kommission in Auftrag gegebene Studie kommt ebenfalls zu dem Schluß, daß Faserpflanzen als nachwachsende Rohstoffe bisher keine große Rolle spielen, obwohl sie für die Landwirtschaft durchaus erfolgversprechende Alternativen eröffnen könnten (Anonym, 1994). Im Nicht-Textilbereich stoßen Faserpflanzen in der Industrie auf größeres Interesse seit verschärfte Umweltschutzbestimmungen die Verwendung von synthetischen und mineralischen Fasern einschränken oder höhere Anforderungen an die Recyclierfähigkeit gestellt werden. Bei der Qualitätsstandardisierung und zu verbesserten Faserextraktionsverfahren besteht jedoch noch ein umfangreicher Forschungsbedarf. Darüberhinaus müssen gesundheitliche Aspekte beim Einsatz pflanzlicher Fasern beachtet werden, um die bisher nur auf Vermutungen beruhende gesundheitliche Unbedenklichkeit dieser Produkte abzusichern.

Zusammenfassung

Der Einfluß verschiedener Bestandesdichten (150/250/350 Pfl./m²) und eines variierten Stickstoffeinsatzes (0/60/120 kg/ha) auf Entwicklung und Erträge der mittelfrühen monözischen Faserhanfsorte (*Cannabis sativa* L.) Felina 34 und der spätreifenden diözischen Sorte Kompolti Hybrid TC wurde geprüft.

Die angestrebten Bestandesdichten wurden nur teilweise erreicht, da vom Aufgang bis zur Ernte mit steigender angestrebter Bestandesdichte sowie steigender Stickstoffdüngung eine Reduktion der Pflanzendichte erfolgte.

Männliche Pflanzen von Kompolti wurden im niederschlagsreichen Jahr 1993 um 50 cm größer als die weiblichen, die im Mittel 247 cm erreichten. Die mittelfrühe Sorte Felina erreichte deutlich geringere Wuchshöhen. Die Wuchshöhe wurde in der Regel durch die Bestandesdichte nicht beeinflusst, die Stickstoffdüngungsstufen verursachten hingegen eine signifikante Steigerung.

Die Reinfasergehalte der männlichen Pflanzen waren stets höher als die der monözischen bzw. weiblichen Pflanzen von Felina und Kompolti, die Werte von 18,9 bzw. 24,1 % erreichten. Die Fasergehalte wurden im allgemeinen weder durch die Bestandesdichte noch durch die Stickstoffdüngung signifikant beeinflusst.

Die höchsten Trockenmasseerträge der monözischen bzw. weiblichen Pflanzen konnten sowohl bei Felina 1992 im

Tabelle 6: Nährstoffentzüge von Kraut (Stengel und Blätter) und Korn sowie Gesamtentzüge (kg/t) von Felina 34 und Kompolti Hybrid TC

FELINA 34	Nährstoffentzüge																
	Kraut				Korn				Gesamt								
	N		P		K		N		P		K						
	1992	1993	1992	1993	1992	1993	1992	1993	1992	1993	1992	1993					
VARIANTEN																	
Bestandesdichte (BD)																	
Stickstoffstufe (N)																	
BD1	8,8a	4,0a	4,5a	2,3a	15,0ab	15,2a	38,2a	50,0a	9,7a	10,4a	12,6a	12,0a	10,8a	4,9a	2,9a	14,8ab	15,0a
BD2	8,9a	3,8a	4,2a	2,2a	13,7a	15,0a	37,6a	47,5a	9,7a	11,0a	12,4a	11,5a	11,2a	4,7a	2,8a	13,6a	14,8a
BD3	9,0a	4,2a	4,9a	2,5a	16,5b	15,0a	38,6a	47,8a	10,4b	11,5a	12,5a	11,6a	11,6a	5,4a	3,2a	16,2b	14,7a
N0	8,3a	3,1a	5,9a	2,3a	14,2a	12,7a	36,6a	46,8a	10,3a	12,0a	12,9a	11,4a	10,7a	6,3a	3,0a	14,1a	12,7a
N60	7,8a	4,1b	4,0b	2,4a	15,1a	15,4b	37,4a	48,6b	9,9ab	10,3a	12,5ab	11,7b	10,1a	4,5b	2,9b	14,9a	15,1b
N120	10,9b	4,8c	3,7b	2,3a	15,8a	17,1c	40,4b	50,0b	9,6b	10,6b	12,0b	12,0c	12,8b	4,1b	3,0c	15,5a	16,7c
KOMPOLTI TC																	
BD1	8,8a	4,5a	3,6a	1,6a	9,9a	12,1a	38,7a	37,0a	12,3a	17,0a	13,3a	16,4a	10,2a	4,0a	1,7a	10,0a	12,1a
BD2	11,5b	4,5b	4,9b	1,6a	10,7a	10,1b	39,1a	36,3b	11,1b	16,6b	13,4a	16,1a	12,4b	5,1b	1,7a	10,7a	10,9a
BD3	9,7a	5,1b	4,5b	1,8a	10,0a	11,2b	40,5a	34,5b	12,4a	15,9b	13,0a	16,2a	10,6a	4,7ab	1,9a	10,1a	11,3a
N0	8,8a	4,4a	4,9a	1,7a	8,4a	10,5a	38,3a	34,9a	12,1a	14,8a	13,2a	14,8a	10,0a	5,2a	1,8a	8,6a	10,6a
N60	9,8a	4,8a	4,1ab	1,7a	10,6b	12,3a	40,4a	36,1a	12,0a	17,0b	13,3a	16,3b	10,9a	4,4b	1,8a	10,7b	12,3a
N120	11,4b	4,8a	4,0b	1,6a	11,6c	11,4a	39,6a	37,2a	11,7a	17,6b	13,1a	17,6c	12,3b	4,2b	1,7a	11,6c	11,4a

Mittel mit 105,1 dt/ha und 1993 mit 158 dt/ha als auch bei Kompolti 1992 mit 137,5 dt/ha in der höchsten Bestandesdichte erzielt werden, was auch entsprechend für die Fasererträge galt. Unter dem Einfluß der Stickstoffdüngung konnten bei beiden Sorten in beiden Jahren hohe Trockenmasse- und Fasererträge erzielt werden. Dabei war die höchste Stickstoffstufe mit 120 kg N/ha nicht mehr signifikant wirksam.

Der Ligningehalt der Gesamtstengel lag 1993 bei Felina im Mittel mit 9,8 % um etwa 1 % höher als bei Kompolti, die Zellulosewerte waren gleich (59 %). Weder die Bestandesdichten noch die Stickstoffstufen zeigten einen Einfluß auf beide Parameter.

Die Kornerträge erreichten bei Felina 1992 im Mittel 9,8 dt/ha, bei Kompolti lediglich 3,9 dt/ha und reduzierten sich 1993 wegen mangelnder Abreife noch stärker. Die mittlere Tausendkornmasse betrug bei Felina 15,9 g und bei Kompolti 17,3 g, der Ölgehalt 32,9 bzw. 30,4 % und der Ölertrag 2,9 bzw. 1,1 dt/ha. Die dominierenden Fettsäuren des Öls waren mit etwa 60 % die Linol- und mit 20 % die Linolensäure.

Cultivation experiments in nitrogen fertilisation and spatial arrangement of fiber hemp

The influence of different population densities (150/250/350 plants/m²) and a varied nitrogen input (0/60/120 kg/ha) on the development and yield of two varieties of fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) Felina 34 and Kompolti Hybrid TC were tested.

The desired population density was only partially achieved, because the number of emerging plants was reduced by the high population density. A further reduction in the plant production up until the time of harvesting occurred because of increased density goals and increased nitrogen fertilisation. Male plants from Kompolti were up to 50 cm larger than female plants in the high precipitation year 1993, with the female plants having a mean height of 247 cm. In Felina plants, the respective growth heights reached 191 cm in 1993. As a rule, the growth height were not influenced by the population density, whereby nitrogen fertilisation caused a significant increase.

The pure fiber content of the male plants was higher than the monoecious resp. female plants from Felina and Kompolti, with values from 18.9 and 24.1 percent achieved. Overall, the fiber content was affected significantly by neither the population density nor by the nitrogen fertilisation.

The highest yield of dry matter from the monoecious or female plants could be targeted in Felina in 1992 with a mean of 105.1 dt/ha and in 1993 with 158 dt/ha, as well as by Kompolti in 1992 with 137.5 dt/ha in the highest population density, which also held true for the fiber yields. Under the influence of nitrogen

fertiliser it was possible to achieve high dry matter and fiber yields in both years. Although the highest nitrogen level (120 kg N/ha) made no significant impact.

In 1993, the lignin content of the whole Felina stalk had a mean of 9.8 percent, about one percent higher than in Kompolti, and the cellulose values were the same (59 percent). Neither the population density nor the nitrogen level showed an influence on either parameter. The Felina seed yield in 1992 achieved a mean of 9.8 dt/ha; and in Kompolti, 3.9 dt/ha, and was significantly less in 1993 because the plants did not reach maturity. The middle thousand kernel mass was 15.9 g for Felina and 17.3 g for Kompolti. The oil content 32.9 percent and 30.4 percent respectively, and the oil yield 2.9 dt/ha and 1.1 dt/ha respectively. The dominating fatty acid of the oils were about 60 percent linoleic and 20 percent linolenic acid.

Danksagung

Dem Institut für Grünland- und Futterpflanzenforschung der FAL danken wir für die Unterstützung bei der Zellulose- und Ligninanalyse.

Literatur

Anonym: Die Hanfpflanze. - CIBA- Rundschau (1962/5), S. 2-32.

Anonym: Chancen für landwirtschaftliche Faserpflanzen. - Agra-Europe 34 (1994), Europa-Nachrichten S. 3-4.

Aukema, J. J. und J. C. Friederich: Verslag van de proeven met hennep in de jaren 1952 to 1956. - Nederlands vlasinstituut Wageningen 33 (1957), S. 1-25.

Bocklet, R.: Innovationsschub durch nachwachsende Rohstoffe. - Agra-Europe 10 (1994), Länderberichte S. 62-63.

Bredemann, G.: Die Bestimmung des Fasergehaltes in Bastfaserpflanzen bei züchterischen Untersuchungen. - Faserforschung 2 (1922), S. 239-258.

Bredemann, G.: Die Bestimmung des Fasergehaltes bei Massenuntersuchungen von Hanf, Flachs, Fasernesseln und anderen Bastfaserpflanzen. - Faserforschung 16 (1942), S. 14-39.

Dambroth, M.: Hanfanbau nicht weiter verteuern. - Land und Forst, Nr. 47 (1993), S. 32-33.

Gauca, C., Trotus, E., Roman, N., Paraschivoiu, R.: New elements in the technology of seed production in monoic hemp. - Analele Institutului de Cercetari pentru Cereale si Plante Tehnice, Fundulea 58 (1990), S. 135-145.

Heuser, O.: Die Hanfpflanze. In: Herzog, O.: Technologie der Textilfasern. - V. Bd. 2. Teil. Hanf- und Hartfasern. Berlin, J. Springer, 1927.

Hoffmann, W.: Hanf, *Cannabis sativa* L. - In: Handbuch der Pflanzenzüchtung, Bd. V. Eds.: H. Kappert und W. Rudolf. Paul Parey, Bln.-Hbg. (1961), S. 204-261.

Hoffmann, W., A. Mudra, W. Plarre: Hanf (*Cannabis sativa* L.). - Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. 2. Spez. T., Verlag Paul Parey (1970).

Karus, M., W. Linden, C. Murr und F. Waskow: Weshalb der Hanf wiederkehren wird: Über die universelle Nutzpflanze Hanf. S. 299-345. - In: M. Bröckers, (ed.) Die Wiederentdeckung der Nutzpflanze Hanf *Cannabis Maritima*. Zweitausendundeins, Frankfurt am Main, (1993).

Meijer, E.P.M. de, H.J. van der Kamp und F.A. van Eeuwijk: Characterisation of *Cannabis* accessions with regard to cannabinoid content in relation to other plant characters. - Euphytica 62 (1992), S. 187-200.

Meijer, E.P.M. de: The evaluation of hemp (*Cannabis sativa* L.) as a non-wood source of paper pulp, S. 40-48. - In: Alternative oilseed and fibre crops for cool and wet regions of Europe. COST 814, S. Henning, L.J.M. van Soest, K. Pitham und L. Hof (eds.) (1994).

Low, I.: The U.K. hemp project, S. 37-39. - In: Alternative oilseed and fibre crops for cool and wet regions of Europe. COST 814, S. Henning, L.J.M. van Soest, K. Pitham und L. Hof (eds.) (1994).

Rivoira, G. und G.F. Marras: La canapa per l'industria cartaria: aspetti e problemi della tecnica colturale. - Cellulosa e Carta 26 (1975), S. 9-24.

Schaumlöffel, E.: Über die colorimetrische Bestimmung der Mikronährstoffe Kupfer, Zink, Kobalt, Mangan, Eisen und Molybdän aus einer Aschelösung durch fraktionierte Extraktion. - Landwirtschaft. Forschung 13 (1960), S. 278-286.

Tabara, V. et al.: Studies on some elements in the technology of monoecious hemp (*cultivar Secuieni 1*) in the years 1981-85. - Lucrari - Stiintifice, - Institutul - Agronomic - Timisoara, - Agronomie 22 (1987), S. 23-27.

VDLUFA - Handbuch der landwirtschaftlichen Methoden. - Methodenband 3, 2. Ergänzung, Meth. 6.5.2. und 6.5.3 (1988).

Werf, H.M.G. van der: Agronomy and crop physiology of fibre hemp. A literature review. - CABO Report, Wageningen (Ne) 142 (1991), S. 1-16.

Werf, H.M.G. van der: Fibre hemp production: facts and fiction. S. 49. - In: Alternative oilseed and fibre crops for cool and wet regions of Europe. COST 814, S. Henning, L.J.M. van Soest, K. Pitham und L. Hof (eds.) (1994).

Verfasser: Höppner, Frank, Dr.; Menge-Hartmann, Ute, Dr., Institut für Pflanzenbau der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), komm. Leiter: Dir. u. Prof. Prof. Dr. sc. agr. Dr. rer. nat. habil. Jean Charles Munch.