



**Ergebnisse von Untersuchungen
zu Anbau, Ernte, Wirtschaftlichkeit und
Wettbewerbsfähigkeit von Flachs und Hanf
unter sächsischen Bedingungen**

Impressum

Herausgeber

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
August-Böckstiegel-Straße 1, 01326 Dresden

WWW.LANDWIRTSCHAFT.SACHSEN.DE/LFL

Redaktion

Herr Dr. habil. Christian Röhrich, Herr Dr. Jürgen Schulz,
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau, Referat Nachwachsende Rohstoffe
PF 221161
04131 Leipzig
Tel.: (0341) 9174-0 Fax: (0341) 9174-111

Bilder

Herr Dr. Jürgen Schulz, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Redaktionsschluss

05/2000

Auflage

125 Stück

Bezug

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau, Referat Nachwachsende Rohstoffe
PF 221161
04131 Leipzig
Tel.: (0341) 9174-0 Fax: (0341) 9174-111

Schutzgebühr

40 Mark

Danksagung

Die Autoren danken dem Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft für die im Rahmen des Förderprojektes "Entwicklung verwendungsorientierter Anbau- und Ernteverfahren für die Faserpflanzen Flachs und Hanf unter den Bedingungen des Freistaates Sachsen" (Laufzeit: 01. 01. 1997 – 31. 05. 2000) bereitgestellten Mittel, die uns die vorgestellten Untersuchungen ermöglichten.

Das Forschungsprojekt wurde mit Mitteln des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft gefördert.

Rechtshinweis

Alle Rechte, auch die der Übersetzung sowie des Nachdruckes und jede Art der phonetischen Wiedergabe, auch auszugsweise, bleiben vorbehalten. Rechtsansprüche sind aus vorliegendem Material nicht ableitbar.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme der Herausgeber zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.



Vorwort

Der Freistaat Sachsen ist ein traditionelles Anbaugebiet für Faserpflanzen, besonders für Flachs. Nachdem der Flachsanbau in den 70er und 80er Jahren seinen Tiefpunkt erreichte und schließlich ganz zum Erliegen kam, gewann er im letzten Jahrzehnt infolge neuartiger Verarbeitungs- und Einsatzmöglichkeiten wieder an Bedeutung. Flachs wird heute nicht nur als Textilrohstoff, sondern auch im technischen Bereich in innovativen und gegenwärtig stark expandierenden Einsatzfeldern verwendet. Auch die ertragreiche Faserpflanze Hanf, die seit 1996 wieder in Deutschland angebaut werden darf, hat als Rohstoff für Verbundwerkstoffe, Bau- und Dämmstoffe ein großes Absatzpotenzial.

Wichtige Voraussetzung für eine nachhaltige Etablierung von auf einheimischen Faserpflanzen basierenden textilen und technischen Produktlinien ist ein hohes Maß an Sicherheit bei der Versorgung der Industrie mit Faserrohstoffen. Diese müssen in großen, gleichmäßigen Partien verfügbar sein, dem Verwendungszweck entsprechende Qualitätsmerkmale aufweisen und zu einem qualitätsbezogen konkurrenzfähigen Preis angeboten werden.

Die Voraussetzungen für den Aufbau einer effizienten Naturfaserwirtschaft sind im Freistaat Sachsen sehr günstig. Die bodenklimatischen Bedingungen bieten gute Voraussetzungen für hohe Faserpflanzenerträge und ausgezeichnete Faserqualitäten. Leistungsstarke Forschungseinrichtungen und Industrien nutzen die einheimischen Naturfasern für die Entwicklung innovativer, umweltfreundlicher textiler und technischer Produkte.

Für die Landwirtschaft des Freistaates Sachsen ergeben sich durch Anbau, Erstverarbeitung und Vermarktung von Faserrohstoffen neue Einkommensalternativen.

Der vorliegende Abschlussbericht zum Projekt "Entwicklung verwendungsorientierter Anbau- und Ernteverfahren für die Faserpflanzen Flachs und Hanf unter den Bedingungen des Freistaates Sachsen" zeigt auf der Grundlage der Ergebnisse umfangreicher Untersuchungen Möglichkeiten eines sicheren, verwendungsorientierten und wirtschaftlichen Faserpflanzenanbaus auf. Er liefert eine gute Grundlage für den Aufbau neuer Anbau- und Verarbeitungszentren für Faserpflanzen in geeigneten Gebieten des Freistaates Sachsen.



Prof. Dr. Irene Schneider-Böttcher
Präsidentin der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft

1	Zielstellung des Projektes	6
2	Projektdurchführung	7
2.1	Versuchsprogramm	7
2.2	Bodenklimatische Bedingungen der Versuchsstandorte	8
2.3	Methodik der pflanzenbaulichen Anbauversuche	8
2.4	Methodik der Untersuchung von Fasergehalt, Faserertrag und Faserqualität	9
2.5	Kriterien der Bewertung von Qualitätseigenschaften hinsichtlich der Eignung für Produktlinien	10
3	Untersuchungsergebnisse Flachs	11
3.1	Sortenprüfungen	11
3.1.1	Erträge	12
3.1.2	Äußere und innere Qualitätsmerkmale	13
3.1.3	Bewertung der Sorten für textile und technische Produktlinien	15
3.1.4	Niveau und Schwankungsbreite von Ertrag und Qualität im Anbaugebiet Erzgebirge	17
3.2	Unkrautbekämpfung	18
3.2.1	Versuchsdurchführung	19
3.2.2	Einfluss der Unkrautbekämpfung auf Unkrautbesatz, Ertrag und Qualität	20
3.2.3	Unkrautbekämpfungsmaßnahmen im verwendungsorientierten Flachs-anbau	25
3.2.4	Empfehlungen zur Herbizidzulassung für Flachs	26
3.3	Optimierung des Raufzeitpunktes	26
3.3.1	Blatt-Stängel-Methode	26
3.3.2	Anwendung der Blatt-Stängel-Methode für die verwendungsorientierte Wahl des Raufzeitpunktes	30
3.4	Untersuchungen zur Optimierung des Röstgrades	31
3.5	Verwendungsorientierte Ernteverfahren	33
3.5.1	Beschreibung der Ernteverfahren	34
3.5.2	Kosten und Leistung der Ernteverfahren	41
3.6	Wirtschaftlichkeit des verwendungsorientierten Flachs-anbaus	41
3.7	Empfehlungen zu verwendungsorientierten Anbau- und Ernteverfahren für Flachs	43
4.	Untersuchungsergebnisse Hanf	44
4.1	Sortenprüfung auf verschiedenen Standorten	44
4.2	Eignung von Hanfsorten für verschiedene Einsatzgebiete	53
4.3	Einfluss der Saatstärke auf Pflanzenbestand, Ertrag und Qualität	55
4.4	Einfluss der Stickstoffdüngung auf Pflanzenbestand, Ertrag und Qualität	61

4. 5	Entwicklung von Ertrags- und Qualitätsparametern im Wachstumsverlauf	65
4. 5. 1	Versuchsdurchführung und Wachstumsverlauf	65
4. 5. 2	Erträge	66
4. 5. 3	Äußere und innere Qualitätsmerkmale	68
4. 6	Nitratkonzentration im Zellsaft in Abhängigkeit von N-Düngung und Wachstumsverlauf	72
4. 7	Einfluss des Hanfanbaus auf den Nitratgehalt des Bodens	74
4. 8	Verfahrenskette zur Faserhanfernte - Mähtechnik	75
4. 9	Wirtschaftlichkeit Faserhanf	78
5	Anbaupotenzial für Faserpflanzen im Freistaat Sachsen	80
6	Vorschlag zur Struktur eines Anbau- und Verarbeitungszentrums für Faserpflanzen unter sächsischen Bedingungen	86
7	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	88
8	Literaturverzeichnis	93

1 Zielstellung des Projektes

Die bisherigen sächsischen Forschungsarbeiten zu Faserpflanzen im Vorgängerprojekt "Entwicklung eines wirtschaftlichen und umweltgerechten Anbauverfahrens für Flachs im Freistaat Sachsen" (Abschlußbericht Röhrich et al., 1997) konzentrierten sich im Wesentlichen auf die Optimierung von Anbauverfahren und Erntetechnologien mit dem Ziel der Erzeugung von Flachsstroh, das den hohen Qualitätsansprüchen der Produktlinie verspinnbare Flachskurzfaser genügt. Die bei der Bearbeitung des Vorgängerprojektes gewonnenen Erkenntnisse und umfangreiche Literaturstudien (BOCSA u. KARUS, 1997; BÖTTCHER u. SCHMALZ, 1993; BRETTHAUER, 1993; FÖLSTER, 1993 u. 1994; FUCHS u. a., 1997; FÖLSTER, 1994; GRÄF, 1995; HANF, 1996; HENSEL, u. v. DRACH, 1993; HENSEL, 1995; HERRMANN u. HANSELKA, 1994 u. 1995; HINRICHSEN u. WUTTKE, 1993; HINRICHSEN, 1997; KESSLER, 1993; KLEBER, 1997; KNOTHE, 1997; KOHLER u. KESSLER, 1998; KÖHLER u. NENDEL, 1997; LIPPE, 1995; MALOK, 1997; MICHAELI et. al. 1993; MÜSSIG u. HARIG, 1997; MÜSSIG, 1997; RICHTER 1995; RINGLEB et al., 1995; RINGLEB u. ENGLERT, 1997; STEINER, 1995; VOßKÖTTER; 1993, WELLIE-STEPHAN, 1997; ZIEGSMANN, 1993) ergaben, dass sich neben der traditionellen Bedeutung der Naturfaser Flachs als Textilrohstoff im Bereich technischer Anwendungsgebiete und im Bauwesen weitere, innovative und gegenwärtig stark expandierende Einsatzfelder für Flachs und auch für Hanf abzeichnen. Naturfasern sind z. B. zur Verarbeitung zu Verbundwerkstoffen, Dämmstoffen und verrottbaren Geotextilien gut geeignet und werden mit zunehmender Tendenz - z. T. in Kombination mit anderen Fasern - eingesetzt. Einheimische Naturfasern werden aber im technischen Bereich von der verarbeitenden Industrie als Rohstoff nur dann nachhaltig Akzeptanz finden, wenn

- die Versorgungssicherheit der Faserrohstoffe gewährleistet ist
- große, gleichmäßige Partien Faserrohstoff verfügbar sind
- der Faserrohstoff maßgeschneiderte, dem Verwendungszweck entsprechende Qualitätsmerkmale aufweist und
- der Faserrohstoff zu einem qualitätsbezogen konkurrenzfähigen Preis angeboten wird.

Die Qualitätsanforderungen traditioneller Flachserstverarbeiter (Schwingereien) sind bekannt. Inzwischen definieren auch Hersteller cotonisierter Flachskurzfaser ihre Erwartungen zur erforderlichen Rohstoffqualität zunehmend besser. Dagegen liegen zu Qualitätsanforderungen von Flachs- und Hanfverarbeitern in technischen Anwendungsgebieten noch nicht in jedem Fall ausreichende Informationen vor. Tendenziell werden aber an für die Verwendung in technischen Produktlinien vorgesehene Flachs- und Hanfstroh geringere Anforderungen bezüglich Faserqualität und Unkrautfreiheit gestellt als an Flachsstroh für textile Produktlinien.

Bei der Projektbearbeitung wurde unter Berücksichtigung von Literaturrecherchen und eigener Erkenntnisse davon ausgegangen, dass für Flachs im textilen Bereich die Produktlinien traditionelle Langfaser und verspinnbare Kurzfaser, im technischen Bereich die Verbundwerkstoffe, Dämmstoffe und Geotextilien Bedeutung haben bzw. erlangen werden. Es wurde unterstellt, dass die Verarbeiter dieser Produktlinien unterschiedliche Anforderungen an die Qualität und Beschaffenheit des Rohstoffes Flachsstroh und der darin enthaltenen Fasern stellen und in Abhängigkeit davon unterschiedliche Preise an den Erzeuger des Flachsstrohes zahlen können. Tabelle 1 zeigt die Produktlinien der Flachsverarbeitung, Anforderungen an die Qualität des Flachsstrohes und die Relation des für den Landwirt erzielbaren Flachsstrohpreisniveaus.

Tabelle 1: Produktlinien der Flachsverarbeitung, Qualitätsanforderungen und vom Landwirt erzielbares Preisniveau

Produktlinie	Preisniveau	Anforderungen an die Qualität des Flachsstrohes
Langfaser	hoch	Parallellage der Stängel, lange, gerade Stängel, hohe Faserfestigkeit (> 40 cN/tex), mittlere Faserfeinheit, Vollröste, geringer Unkrautbesatz
verspinnbare Kurzfaser	hoch	Wirrlage des Strohes möglich, mittlere bis hohe Faserfestigkeit (> 30 cN/tex) und Faserfeinheit, Vollröste, sehr geringer Unkrautbesatz
Verbundwerkstoffe	mittel	Wirrlage des Strohes, hohe Faserfestigkeit (> 40 cN/tex) mittlere Faserfeinheit, gewisser Unkrautbesatz tolerierbar
Dämmstoffe, Geotextilien	gering	Wirrlage des Strohes und Teilröste möglich, mittlerer Unkrautbesatz tolerierbar, kaum Anforderungen an Faserqualitätsmerkmale

An den in erster Linie in technischen Bereichen (Dämmstoffe, Geotextilien, Verbundwerkstoffe) einsetzbaren Hanf werden bezüglich der Fasermerkmale ähnliche Anforderungen gestellt wie an für diese Verwendungsrichtungen vorgesehenen Flachs. Infolge der großen Wuchshöhe des Hanfs kann die Einkürzung der Pflanzen Voraussetzung für die Verarbeitbarkeit in bestimmten Erstverarbeitungsanlagen sein. Das Anbau- und Ernteverfahren ist so zu gestalten, dass bei hohem Ertragsniveau die differenzierten Qualitätsanforderungen der Verarbeiter mit jeweils minimiertem Aufwand zuverlässig erreicht werden, um attraktive, mit anderen Marktfrüchten konkurrenzfähige Deckungsbeiträge erzielen zu können.

Ziel des vorliegenden Projektes ist es deshalb, verwendungsorientierte Anbau- und Ernteverfahren für Flachs und Hanf zu entwickeln, die zu einer zielgerichteten, kostensparenden und sicheren Erzeugung von Flachs- und Hanfstroh für verschiedene Produktlinien beitragen. Außerdem wurde die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit des Faserpflanzenanbaus in sächsischen Anbauregionen untersucht. Das Projekt soll den Aufbau von Anbau- und Verwertungszentren für Faserpflanzen in Sachsen unterstützen.

2 Projektdurchführung

Basierend auf einer Schwachstellenanalyse wurde zur Entwicklung verwendungsorientierter Anbau- und Ernteverfahren das nachfolgende umfangreiche Versuchsprogramm durchgeführt:

2.1 Versuchsprogramm

- Ertragsfähigkeit und Qualitätseigenschaften von Flachs- und Hanfsorten in Sachsen
- verwendungsorientierte Optimierung von Saatstärken und Düngung (Hanf) sowie Unkrautbekämpfung (Flachs) mit dem Ziel der Erzeugung unterschiedlicher, definierter Rohstoffqualitäten bei Kostenminimierung
- Möglichkeiten der Erzeugung von Flachs bei Verzicht auf Herbizide, um ökologisch orientierte Marktsegmente bedienen zu können
- Entwicklung eines „Schnelltests“ zur Optimierung des Flachsraufzeitpunktes
- verwendungsorientierte Optimierung des Erntezeitpunktes bei Flachs und Hanf
- verwendungsorientierte Optimierung des Röstgrades bei Flachs sowie

- risikoarme und kostengünstige Ernteverfahren.

2.2 Bodenklimatische Bedingungen der Versuchsstandorte

Die Untersuchungen zu Anbau- und Ernteverfahren bei Flachs und Hanf wurden an insgesamt acht Standorten, die in ihrer Gesamtheit einen erheblichen Anteil der potentiellen sächsischen Faserpflanzenanbaugebiete repräsentieren, durchgeführt. Tabelle 2 zeigt die bodenklimatischen Bedingungen der Versuchsstandorte.

Tabelle 2: Bodenklimatische Bedingungen der Versuchstandorte und ihre Zuordnung zu den landwirtschaftlichen Vergleichsgebieten des Freistaates Sachsen

	Adorf (Erzg.)	Callenberg/ Gersdorf	Gebelzig (OL)	Nossen	Osterz- gebirge*
Bodenwertzahl	33	45 - 50	41	65	28 - 35
geolog. Entstehung	V 5	Lö 6/V 6	D 4	Lö 3	V 8
Höhe über NN (m)	400	250 - 300	215	225	450 - 600
Jahresmittel- temperatur (°C)	8,0	8,0	8,0	8,1	6,2 - 6,5
Jahresniederschlags- summe (mm)	723	723	673	643	880
landwirtschaftliches Vergleichsgebiet	6	7/6	2	8	4

*Die Flachsversuchsstandorte Forchheim, Gahlenz und Großhartmannsdorf wurden zu "Osterzgebirge" zusammengefasst.

2.3 Methodik der pflanzenbaulichen Anbauversuche

Für die Untersuchungen wurden die Versuchsebenen Parzellenversuch und praxisnaher Großversuch gewählt. Die Flächen der praxisnahen Großversuche dienen nach Sicherung der für pflanzenbauliche Fragestellungen erforderlichen Daten und Proben zusätzlich der Erprobung verschiedener Ernteverfahren.

Parzellenversuche

Alle Parzellenversuche wurden mit Parzellengrößen von zwölf Quadratmetern (1,5 x 8 m) und vierfacher Wiederholung je Versuchsvariante angelegt. Aussaat, Pflege, Ernte und Probeentnahme sowie die Bonituren und Messungen im Feldbestand (Bestandesdichte, Wuchshöhe, technische Länge, Stängeldurchmesser, Kapselanzahl je Pflanze und Lagerneigung) führten das Personal der Versuchstationen und die Projektbearbeiter durch.

Die Frischmasseertragsermittlung bei Flachs erfolgte je Versuchsvariante mit vier Wiederholungen (jeweils 2 m² je Parzelle). Die Lufttrockensubstanzerträge (Grünstroh, geriffelt, lufttrocken) wurden durch natürliche Trocknung einer definierten Menge Grünstroh unter Dach und anschließender Rückwaage bei Berücksichtigung des Riffelverlustes ermittelt. Nach der Ertragsermittlung dienten die Proben als Ausgangsmaterial für die Feststellung von Fasergehalt und Faserqualitätsmerkmalen. Bei Hanfparzellenversuchen wurde der Frischmasseertrag der gesamten Ernteparzelle (12 m²) zur Ertragsermittlung genutzt. Die Feststellung der Lufttrockensubstanzerträge und die Gewinnung von Proben für Qualitätsuntersuchungen erfolgte wie bei Flachs.

Am Pflanzenbestand wurden die äußeren Merkmale Stängellänge bzw. Wuchshöhe, technische Länge (Stängellänge vom Hypokotyl bis Verzweigungsbeginn, nur bei Flachs) sowie Stängeldurchmesser bei halber Wuchshöhe an 80 Pflanzen je Variante (20 Pflanzen je Wiederholung) erfasst. Bei einem Teil der Hanfversuche ist der Samen ertrag durch Reinigung

und anschließende Wägung der beim Riffeln gewonnenen Hanfsamen von einer definierten Erntefläche ermittelt worden. Die Messung der Wuchshöhe und technische Länge erfolgte mit dem Zollstock. Zur Messung des Stängeldurchmessers in der Stängelmitte diente eine elektronische Schublehre.

Praxisnahe Großversuche

Die Großversuche wurden von Landwirtschaftsbetrieben auf einheitlich bewirtschafteten Schlägen mit gleichen Vorfrüchten und ausgeglichenen Bodenverhältnissen durchgeführt. Die Prüfgliedgröße der Großversuche betrug 0,2 bis 1 Hektar, die Prüfglieder waren nebeneinander angeordnet. Bodenbearbeitung, Aussaat, Düngung und Pflanzenschutz (nur bei Flachs) führten die Landwirtschaftsbetriebe mit praxisüblichen Maschinen auf der Grundlage vorgegebener Versuchspläne und unter Anleitung der Projektbearbeiter durch.

Die Ermittlung der Frischmasseerträge bei Flachsgrößenversuchen erfolgte zum Erntetermin je Prüfglied in fünffacher Wiederholung auf repräsentativen Teilflächen von jeweils 4,8 m² (entspricht 4 laufenden Metern Schwad der Flachsraufmaschine bei 1,2 Meter Arbeitsbreite). Der Grünstrohertrag (geriffelt, lufttrocken) wurde durch natürliche Rücktrocknung des Erntematerials unter Dach, anschließendem Riffeln und Rückwaage der luftgetrockneten Stängel ermittelt. Nach Feststellung des Stängelertrages dienten die Proben als Ausgangsmaterial für Qualitätsuntersuchungen (Fasergehalt, Faserfestigkeit und Faserfeinheit).

Die Ertragsermittlung bei praxisnahen Hanfversuchen ist ebenso mit fünffacher Wiederholung je Variante durchgeführt worden. Dabei wurde je Wiederholung die gesamte Biomasse von zwei laufenden Metern zweier nebeneinander liegender Hanfreihe (bei definiertem Reihenabstand) eingewogen. Die äußeren Merkmale Stängellänge, technische Länge und Stängeldurchmesser wurden an 100 Pflanzen je Variante (jeweils an 20 Pflanzen bei jeder der fünf Wiederholungen) gemessen.

2.4 Methodik der Untersuchung von Fasergehalt, Faserertrag und Faserqualität

Flachs und Öllein

Den **Fasergehalt** der 1997 bis 1999 geernteten, geriffelten Flachs- und Ölleinstrohproben bestimmte das Sächsische Textilforschungsinstitut Chemnitz nach folgender Methode: Das lufttrockene, geriffelte Grünstroh wird einer Wasserröste unter definierten Bedingungen unterzogen und anschließend rückgetrocknet. Danach erfolgt die Fasergehaltsbestimmung gemäß Österreichischer Textilnorm (ÖTN) 084. Dieses Verfahren umfasst folgende Arbeitsschritte: Die Schäben der gerösteten, rückgetrockneten Flachsstängel werden mit einer Laborknicke nach festgelegten Bedingungen zerbrochen. Ein Teil der Schäben spaltet sich sofort ab. Auf dem gerösteten Knickflachs verbliebene Schäben sowie die kurzen, groben Fasern werden mittels einer Laborschwinge unter definierten Bedingungen herausgeschlagen. Das Gewicht der gewonnenen Fasern wird mit dem Gewicht des trockenen, ungerösteten Ausgangsmaterials ins Verhältnis gesetzt und so der Fasergehalt (Prozent vom Grünstroh, geriffelt) errechnet.

Die **Faserfestigkeit** wird in Anlehnung an DIN EN ISO 2062 durch einen Faserbündel-Zugversuch bestimmt: Nach ÖTN 084 gewonnene, parallelisierte Flachsfasern aus dem Mittelteil der Pflanzen werden in Form eines flachen Bündels zwischen Zwick 1435 Normalklemmen eingespannt. Bei einer Einspannlänge von 20 mm und einer Abzugsgeschwindigkeit von 100 mm/min misst man die zum Reißen der Fasern notwendige Kraft (Reißkraft) in 50-facher Wiederholung je Variante. Die Berechnung der feinheitbezogenen Reißkraft in cN/tex (1 tex = 1 Gramm/1000 Meter Faserlänge) erfolgt mit Hilfe der Bestimmung der Feinheit der Messprobe direkt neben dem Stängelbereich, an dem der Zugversuch vorgenommen wurde.

Die Ermittlung der **Faserfeinheit** erfolgte gemäß ISO 2370 mit Hilfe eines vom Österreichischen Textilinstitut entwickelten Flax-Flowmeters (HERZOG, 1989). Eine schäbenfreie Flachsprobe aus parallelisierten Flachsfasern genau definierter Länge und Masse aus dem Mittelteil der Pflanze wird in die zylindrische Messkammer des ÖTI - Flax-Flowmeters eingeführt und einem festgelegten Luftstrom ausgesetzt. Der entstehende Druck wird gemessen. Je feiner die Faser, desto größer ist der dem Luftstrom entgegengesetzte Widerstand und der sich aufbauende Druck. Aus den abgelesenen Druckwerten wird der Feinheitsindex IFS errechnet. Zu beachten ist, dass mit wachsendem IFS-Index die Faserfeinheit abnimmt. Neueste Untersuchungen (HALKE, 1999) zeigen, dass die ermittelten Feinheitswerte für die Bewertung der Feinheit von mechanisch aufgelösten Flachskurzfasern (Flachskurzfaseraufbereitungsanlage Voigtsdorf) nur bedingt geeignet sind. Allerdings besteht eine geringe, bisher noch nicht näher definierte Korrelation zwischen IFS-Index und Feinheit dieser Flachskurzfasern. Die Nutzbarkeit der Ergebnisse der Faserfeinheitsuntersuchungen für die Beurteilung der Eignung von Flachsfasern für verschiedene Produktlinien ist deshalb eingeschränkt.

Hanf

Die Untersuchungen zum Fasergehalt des Hanfs wurden wie bei Flachs nach ÖTN 084 durchgeführt, wobei die Hanfstängel vor der Röste entlaubt, entsamt und wegen ihrer Länge in zwei bis drei etwa gleichlange Stücke geteilt werden mussten. Faserfestigkeits- und Faserfeinheitsbestimmung erfolgten nach der gleichen Methodik wie für Flachs. Zur Bestimmung der Faserfeinheit mussten die groben Hanffasern allerdings einer leichten Hechelung unterzogen werden, um das für Flachs entwickelte Prüfverfahren nutzen zu können. Es stellte sich heraus, dass die Methodik zur Faserfeinheitsbestimmung für die relativ grobe Hanffaser trotz Hechelung wenig geeignet ist. Auf eine Faserfeinheitsbestimmung bei Hanf wurde deshalb 1999 verzichtet.

2.5 Kriterien der Bewertung von Qualitätseigenschaften hinsichtlich der Eignung für Produktlinien

Durch Sortenwahl, Saatstärke, Unkrautbekämpfung (bei Flachs), Erntezeitpunkt und Röstgrad wird Einfluss auf Ertragshöhe und -stabilität, aber auch auf Qualitätseigenschaften der Ernteprodukte Flachs- und Hanfröststroh genommen. Da die Verarbeiter verschiedener Produktlinien unterschiedliche Anforderungen an den Rohstoff Flachsstroh stellen, gelten für die Einstufung produktlinienbezogen z. T. unterschiedliche Kriterien. Die Wertschöpfung bei Faserpflanzen erfolgt in allen Produktlinien in erster Linie über die Gewinnung und Vermarktung der Fasern. Deshalb ist der flächenbezogene **Faserertrag** ein wichtiger Faktor für die Wirtschaftlichkeit und somit für alle Produktlinien bedeutsam. Bei Hanf wird auch der Stängelertrag (ohne Blätter und Samen) für die Bewertung genutzt, da der Hanfstängel zu etwa zwei Dritteln aus holzigen Bestandteilen (Schäben) besteht und bei dieser Faserpflanze das Koppelprodukt Schäben eine größere wirtschaftliche Bedeutung hat. Vor allem bei Flachs spielt eine gute **Standfestigkeit** für die stabile Rohstoffbereitstellung, aber auch für die Gleichmäßigkeit und Qualität des Ernteproduktes eine große Rolle. Lagernde Bestände lassen sich schwerer ernten, verursachen höhere Erntekosten und schmälern durch schlechte Qualität des Erntegutes die Verkaufserlöse. Auch Totalverluste ganzer Partien sind nicht ausgeschlossen.

Das Qualitätsmerkmal **technische Länge** ist nur bei Flachs, der für die Produktlinie Langfaser angebaut wird, von Bedeutung. Technische Längen über 60 cm sind als geeignet für die Verarbeitung in der Schwingerei einzustufen. Flächse mit technischen Längen über 75 bis 80 cm sind aus der Sicht dieses Merkmals als gut geeignet zu bezeichnen und sichern eine hohe Produktivität der Schwingerei (BUCHFELD, 2000). Eine ausreichende feinheitenbezogene **Faserfestigkeit** ist Voraussetzung für textile Produktlinien. In der

Langfaserlinie werden hohe Festigkeiten von 40 cN/tex erwartet. Mittlere Faserfestigkeiten von über 30 cN/tex erlauben - einen entsprechenden Aufschluss der Fasern vorausgesetzt - die Verwendung des Materials in der Produktlinie verspinnbare Kurzfasern mit dem Ziel der Herstellung von Obertrikotagen (HALKE, 1999). Für die Produktion von Möbel- und Autositzbezugsstoffen sind höhere Festigkeiten günstig zu bewerten (HALKE u. BIEBER, 2000). Auch in technischen Anwendungsbereichen von Flachs- und Hanffasern, z. B. als Verstärkungsfaser in Verbundwerkstoffen, sind hohe Festigkeiten vorteilhaft (KOHLER u. KESSLER, 1998b, AUTORENKOLLEKTIV, 1995; HEIER et. al., 1998; MIECK und REUBMANN, 1998). Bei Verarbeitung zu Dämmstoffen und Geotextilien ist die Faserfestigkeit von untergeordneter Bedeutung. Eine gute **Faserfeinheit** wird für verspinnbare Kurzfasern verlangt. Auch in den Bereichen Verbundwerkstoffe und Geotextilien sind feine Fasern von Vorteil.

Die in Form des IFS-Index vorliegenden Messwerte zur Faserfeinheit sind nur eingeschränkt für die Bewertung von Flachskurzfasern nutzbar. Jedoch besteht eine gewisse, nicht näher definierte Korrelation zwischen IFS-Index und Faserfeinheit (HALKE, 1999). Die aus den IFS-Werten abgeleiteten Tendenzen werden deshalb bei einigen Untersuchungen zur Bewertung mit herangezogen.

3 Untersuchungergebnisse Flachs

3.1 Sortenprüfungen

Die Sortenwahl gehört zu den wichtigsten ertrags- und qualitätsbeeinflussenden sowie stabilisierenden Faktoren des gesamten Produktionsverfahrens. Deshalb wurde seit 1992 in der Versuchsstation Forchheim (Erzgebirge) und 1992 bis 1995 auch in der Versuchsstation Berthelsdorf (Oberlausitz) jährlich eine Auswahl europäischer Flachssorten und aussichtsreicher Stämme, insgesamt über 30, auf ihre Ertragsfähigkeit unter sächsischen Standortbedingungen geprüft. 1999 wurden erstmals auch zwei Sortenmischungen einbezogen, um mögliche Synergieeffekte zu untersuchen. Bestandteil des Sortenspektrums waren auch einige Ölleinsorten, um Erkenntnisse zur Nutzbarkeit der Fasern des als Koppelprodukt anfallenden Ölleinstrohes zu prüfen. Für die Jahre 1997 und 1998 liegen wegen starker Unwetterschäden keine verwertbaren Ergebnisse der Flachssortenversuche der Versuchsstation Forchheim vor. Dadurch ist die Auswertung des Versuches erschwert.

Die Vorstellung der Ergebnisse der Sortenversuche der Jahre 1992 bis 1996 erfolgte bereits in früheren Veröffentlichungen (RÖHRICHT et al. 1995) und im Abschlußbericht des Vorgängerprojektes (RÖHRICHT et al., 1997). Die dort dargestellten Fasererträge basieren auf im Institut für angewandte Forschung (IAF) Reutlingen ermittelten Fasergehaltswerten. Die dort angewandte Methode der Fasergehaltsermittlung weist infolge noch an den Fasern anhaftender Schäben sehr hohe Fasergehalte aus. Die auf der Basis dieser Fasergehalte errechneten Fasererträge sind nur für eine vergleichende Wertung der Sorten geeignet.

Für 1995, 1996 und 1999 wird auf Ergebnisse des Sächsischen Textilforschungsinstitutes (STFI) Chemnitz zurückgegriffen, die nach der ÖTN - Methode (s. Punkt 2.4.) bestimmt worden sind. Sie weisen niedrigere, realistische Fasergehalte aus, die weitgehend dem reinen Fasergehalt entsprechen und nicht nur für den Sortenvergleich, sondern auch für wirtschaftliche Berechnungen heranzuziehen sind. Die nach den Methoden IAF und STFI ermittelten Fasergehalte des Flachsstängels sind ebenso wie die daraus errechneten Fasererträge nicht miteinander vergleichbar.

3.3.1 Erträge

Tabelle 3 zeigt die Fasererträge und eine Einstufung der 1995, 1996 und 1999 geprüften Flachssorten und –stämme sowie der Ölleinsorten geordnet nach der Höhe des Faserertrages. Jedes Versuchsjahr wird separat betrachtet. Diese Darstellungsweise lässt die Ertragsleistungen jeder Sorte im Verhältnis zu andern Sorten unter den spezifischen Jahresbedingungen erkennen.

Aus der Sicht der Ertragsfähigkeit konnten die bereits bewährten Sorten Argos und Hermes, Ariane und Viking, aber auch die 1996 neu in das Untersuchungsprogramm aufgenommenen Sorten Ilona und Liflax (ehemals Stamm DSV 6/V7) ihr hohes Leistungsniveau unter Beweis stellen. Ebenso erwies sich die in den ersten Jahren der sächsischen Flachssortenversuche bereits mit guten Ergebnissen geprüfte Evelin (RÖHRICHT et al. 1997) auch 1999 innerhalb eines veränderten Sortenspektrums als leistungsfähig. Allerdings schnitten die 1999 erstmals geprüften Sorten Marylin und Elektra, aber auch Liflax und Ilona noch besser ab und verdienen zukünftig hohe Aufmerksamkeit. Im Mittelfeld rangieren Elise, Viola, Escalina, Opaline und Laura, während Belinka, Liviola, Texa und Natasja nur unterdurchschnittliche Fasererträge erreichten. Die 1999 erstmals geprüften Sortenmischungen (jeweils 50 Prozent Viola und Marylin bzw. Viola und Laura) ordneten sich im Ertrag zwischen ihren Ausgangssorten ein.

Tabelle 3: Faserertrag (dt/ha) und Einstufung der geprüften Flachssorten, Stämme und Ölleinsorten nach dem Faserertrag, Versuchsstation Forchheim 1995, 1996 und 1999

Rangplatz	1995		1996		1999	
	Sorte	Faserertrag	Sorte	Faserertrag	Sorte	Faserertrag
1	Argos	19,82	Hermes	26,96	Marylin	24,84
2	Hermes	18,95	Ariane	26,91	Liflax	24,55
3	Viking	18,56	Ilona	26,61	Elektra	23,98
4	Ariane	18,08	Liflax	25,98	Ilona	23,35
5	Elise	17,48	Argos/Viking	25,14	Evelin	23,32
6	Opaline	16,54	-	-	Viola+Marylin	23,31
7	Escalina	16,08	Elise	23,46	Ariane	23,00
8	DSV 1/V1	15,46	Viola	23,29	Viola	22,76
9	Laura	15,55	Escalina	22,71	Viola + Laura	22,13
10	Texa	14,93	Laura	21,78	Laura	21,67
11	DSV2/V6	14,32	Belinka	21,44	Escalina	20,73
12	Belinka	14,27	DSV1/V1	19,21	Liviola	20,26
13	Natasja	13,06	Flanders*	8,31		
14	Atalante*	3,22	Atalante*	8,15		
15	Mc Gregor*	2,77	Mc Gregor*	7,62		

*Ölleinsorten

3. 1. 2 Äußere und innere Qualitätsmerkmale

In Tabelle 4 sind wichtige Qualitätsmerkmale der geprüften Sorten zusammengestellt. Zwischen den Sorten traten zum Teil erhebliche Unterschiede in der Ausprägung der einzelnen Qualitätsmerkmale auf.

Tabelle 4: Qualitätsmerkmale von Flachssorten und Sortenmischungen im Durchschnitt der Prüffahre, Flachssortenversuch Forchheim 1996, 1997 und 1999

	Prüffahre	Lageranfälligkeit 1= kein Lager 9 = totales Lager	Technische Länge des Stängels (cm)	Faser- festigkeit (cN/tex)	Faserfeinheit (IFS-Index)
Faserlein					
Argos	2	2,5	75,8	44,6	100,4
Ariane	3	3,7	82,1	45,0	119,0
Belinka	2	2,5	73,5	47,2	114,6
Elektra	1	5,0	80,0	40,5	125,2
Elise	2	3,0	73,4	56,2	140,1
Escalina	3	5,3	76,1	54,1	185,6
Evelin	1	7,0	78,9	44,0	134,4
Hermes	2	3,5	79,7	45,7	146,5
Ilona	2	4,5	77,5	50,0	164,2
Laura	3	2,3	75,7	52,7	142,4
Marylin	1	5,0	79,7	48,2	168,6
Natasja	1	2,0	72,3	47,7	114,6
Opaline	1	2,0	77,4	44,1	150,0
Texa	1	2,0	69,6	47,8	105,7
Viking	2	3,5	68,9	52,1	160,0
Viola	2	7,0	78,3	45,0	169,9
DSV 1V1	2	2,5	63,8	51,6	120,4
DSV 2 V6	1	2,0	67,9	42,5	87,3
Liflax (DSV 6/V7)	2	4,5	79,2	49,4	235,8
Liviola (DSV 5/94)	1	2,0	81,0	49,3	227,3
Viola+Laura	1	3,0	80,0	51,6	189,3
Viola+Marylin	1	7,0	81,6	44,5	143,6
Öllein					
Atalante	2	3,1	48,8	26,3	114,5
Flanders	1	1,0	41,8	18,6	170,2
Mc Gregor	2	2,2	47,8	15,3	93,8

Lageranfälligkeit

Deutliche Unterschiede zwischen den Sorten bestehen hinsichtlich der Lageranfälligkeit. Auch zwischen den Prüffahren sind erhebliche Differenzen im Lagerverhalten erkennbar. Während 1995 bei Faserleinsorten nahezu kein Lager zu beobachten war, trat 1996, vor allem aber 1999 infolge starker Regenfälle im Juni verstärkt Lager auf.

Eine relativ gute Standfestigkeit, verbunden mit hohem Ertrag, erreichte Argos. Eine noch bessere Standfestigkeit, bei allerdings nur mittlerem Ertragsniveau, wies die Sorte Laura auf. Sie stellte ihre gute Standfestigkeit auch in der Sortenmischung mit der in Forchheim sehr lageranfälligen Viola unter Beweis. Somit konnte ein positiver Synergieeffekt durch die Sortenmischung nachgewiesen werden. Als standfest erwiesen sich auch die neue Sorte Liviola und die seit längerem angebaute Belinka, bei allerdings geringem Ertragsniveau.

Unbefriedigende Standfestigkeiten waren bei Escalina, Viola und der Sortenmischung Viola mit Marilyn zu beobachten. Die übrigen Faserleinsorten zeigten eine mittlere Standfestigkeit. Die Ölleinsorten erwiesen sich auf Grund ihrer geringen Wuchshöhe als wenig lageranfällig. Allerdings zeigten sie 1995, also in einem Jahr in dem bei Flachssorten eine hohe Standfestigkeit zu beobachten war, eine gewisse Lagerneigung. Im Interesse einer hohen Ertragsstabilität sollten neben besonders ertragreichen Sorten auch solche mit mittlerem Ertragsniveau, aber besonders hoher Standfestigkeit angebaut werden.

Technische Länge

Die Sorten Ariane, Viola und Liflax weisen im Durchschnitt von mindestens zwei Jahren hohe technische Längen auf. Die einjährigen Prüfergebnisse der Sorten Elektra, Evelin, Marilyn, Liviola sowie der Sortenmischungen Viola+Laura und Viola+Marilyn deuten an, dass auch diese Sorten überdurchschnittliche technische Längen erreichen können. Besonders interessant ist, dass die Sortenmischungen größere technische Längen als die Mischungspartner im Reinanbau erreichen. Die geringsten technischen Längen unter den Faserleinsorten weisen Texa und Viking auf. Die kleinwüchsigen Ölleinsorten unterscheiden sich bezüglich der technischen Länge sehr deutlich von den Faserleinsorten.

Faserfestigkeit und -feinheit

Die im Durchschnitt der Prüffahre beobachteten Faserfestigkeiten der geprüften Faserleinsorten reichen von 40 bis über 56 cN/tex. Als besonders reißfest erwiesen sich die Fasern der Sorten Elise, Escalina, Ilona, Laura und Viking sowie die des Stammes DSV 1 V1 und der Sortenmischung Viola+Laura. Das hohe Gesamtniveau der Faserfestigkeit der Faserleinsorten gibt kaum Veranlassung, einzelne Sorten aus der Sicht der Faserfestigkeit als ungeeignet für bestimmte Produktlinien einzustufen.

Die Fasern der Ölleinsorten hatten eine erheblich geringere Reißfestigkeit als die Faserleinsorten, so dass Ölleinfasern aus dieser Sicht nur für die Produktlinie Dämmstoffe/Geotextilien Verwendung finden können. Die gemessenen Werte der Faserfeinheit schwankten zwischen den Jahren sehr stark und bewegten sich insgesamt auf einem ungünstigen Niveau.

3. 1. 3 Bewertung der Sorten für textile und technische Produktlinien

Die Eignung der Sorten für Produktlinien basiert auf der Wertung der Einzelmerkmale Faserertrag, technische Länge, Faserfestigkeit und Standfestigkeit. Diese Wertungen für diese Einzelmerkmale erfolgen auf der Grundlage der vorliegenden Untersuchungsergebnisse der Jahre 1995, 1996 und 1999 in Tabelle 5, Spalten 2 bis 5. Folgende Gruppierungen werden vorgenommen:

Faserertrag: + = hoch, mindestens einmal Rangplatz 1 – 3, kein Rangplatz über 8;
0 = mittel, kein Rangplatz über 10, - = gering bzw. unsicher (übrige Sorten)

technische Länge: + = hoch (über 77,5 cm); 0 = mittel (60 – 77,5cm); - = gering (unter 60 cm)

Faserfestigkeit: + = hoch (über 40 cN/tex); 0 = mittel (30 – 40 cN/tex), = gering (unter 30 cN/tex)

Standfestigkeit: + = hoch, Boniturnote 1 – 3, 0 = mittel, Boniturnote über 3 bis 6,
= gering, Boniturnote über 6

(technische Länge, Faserfestigkeit und Standfestigkeit jeweils im Durchschnitt der Untersuchungsjahre)

In Tabelle 5, Spalten 6 bis 9 ist die Eignung der Sorten für verschiedene Produktlinien dargestellt, wobei den Symbolen folgende Bedeutung zugeordnet ist:

+ = gut geeignet, Anbau wird empfohlen; 0 = geeignet, Anbau möglich; - = wenig geeignet;
-- = für Produktlinie ungeeignet

Sorten mit geringem Faserertragsniveau können auch bei sehr guten Qualitätswerten in allen Produktlinien maximal der Kategorie „geeignet“ zugeordnet werden, da das Ertragsniveau eine fundamentale Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit hat.

Auch Sorten mit geringer Standfestigkeit können bei sonstiger guter Eignung höchstens das Prädikat „geeignet“ erhalten, da diese Sorten die Versorgungssicherheit negativ beeinflussen. Die technische Länge findet nur bei der Beurteilung der Eignung für die Produktlinie Langfaser Berücksichtigung, während die Faserfestigkeit in den Produktlinien Langfaser, verspinnbare Kurzfasern und Verbundwerkstoffe in die Gesamtbewertung eingeht. Für die Produktlinie Dämmstoffe/Geotextilien sind die Merkmale Faserertrag und Standfestigkeit entscheidend, Faserfestigkeit und technische Länge werden nicht berücksichtigt.

Die Bewertung der in Tabelle 5 genannten Ölleinsorten bezieht sich auf die zusätzliche Nutzung des Koppelproduktes Ölleinstroh. Dieses weist geringe technische Längen auf und die Fasern besitzen niedrige Festigkeitswerte. Ölleinfasern genügen deshalb nicht den Anforderungen für textile Produkte und Verbundwerkstoffe. Zur Herstellung von Dämmstoffen und Geotextilien kann es ein geeignetes Ausgangsmaterial sein. Bei Nutzung des Ölleinstrohs ist stets zu prüfen, ob die möglichen Verkaufserlöse die zusätzlichen Kosten für Bergung, Transport und Lagerung decken und ob ein zusätzlicher Deckungsbeitrag erzielbar ist. Einstufungen, die auf nur einjährigen Versuchsergebnissen basieren, sind als vorläufig zu betrachten. Beim Anbau ist die aktuelle Zulassungssituation und Beihilfefähigkeit der Sorten zu beachten.

Tabelle 5: Übersicht zur Eignung von Faser- und Ölleinsorten für Produktlinien der Flachsverarbeitung auf der Grundlage von Ertragsleistungen und Qualitätseigenschaften

Spalten-Nr. 1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sorten	Faser- ertrag	techn. Länge	Faser- festigkeit	Stand- festigk.	Eignung für Produktlinien			
					Lang- faser	versp. Kurzf.	Verbund- werkst.	Dämmst. Geotext.
Faserlein								
Argos	+	0	+	+	0	+	+	+
Ariane	+	+	+	0	+	+	+	+
Belinka	-	0	+	+	0	0	0	0
Elektra	(+)	(+)	(+)	(0)	(+)	(+)	(+)	(+)
Elise	0	0	+	+	0	+	+	+
Escalina	-	0	+	-	-	-	-	-
Evelin	0	(+)	(+)	(-)	(0)	(0)	(0)	(0)
Hermes	+	+	+	0	+	+	+	+
Ilona	+	0	+	0	0	+	+	+
Laura	0	0	+	+	0	+	+	+
Marylin	(+)	(+)	(+)	(0)	(+)	(+)	(+)	(+)
Natasja	(-)	(0)	(+)	(+)	(0)	(0)	(0)	(0)
Opaline	(0)	(0)	(+)	(+)	(0)	(+)	(+)	(+)
Texa	(0)	(0)	(+)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
Viking	+	0	+	0	0	+	+	+
Viola	0	+	+	-	0	0	0	0
DSV 1 V1	(-)	0	+	+	0	0	0	0
DSV 2 V 6	(-)	(0)	(+)	(+)	(0)	(0)	(0)	(0)
Liflax	+	+	+	0	+	+	+	+
Liviola	(-)	(+)	(+)	(+)	(0)	(0)	(0)	(0)
Viola+Laura	(0)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Viola+Marylin	(0)	(+)	(+)	(-)	(0)	(0)	(0)	(0)
Öllein								
Atalante	-	-	-	0	--	--	--	0
Flanders	(-)	(-)	(-)	(+)	(--)	(--)	(--)	(0)
McGregor	-	-	-	+	--	--	--	0

() nur einjährige Ergebnisse

3. 1. 4 Niveau und Schwankungsbreite von Ertrag und Qualität im Anbaubereich Erzgebirge

Aus den umfangreichen, mehrjährigen Sortenversuchen lässt sich das durchschnittlich zu erwartende Ertragsniveau für das Erzgebirge ableiten (Tabelle 6).

Tabelle 6: Durchschnittliches Niveau der im Flachssortenversuch Forchheim 1995, 1996 und 1999 erreichten Grünstroh- und Fasererträge sowie Qualitätsmerkmale (ohne Ölleinsorten)

Ertrags- und Qualitätsmerkmale	1995	1996	1999	Mittel der Anbaujahre
Grünstrohertrag, geriffelt, lufttrocken, (dt/ha)	51,44	71,74	80,27	67,82
% vom Mittel	75,85	105,78	118,35	100
Faserertrag (dt/ha)	16,38	24,05	22,83	21,09
% vom Mittel	77,66	114,04	108,25	100
Technische Länge (cm)	74,3	72,9	80,8	76,0
% vom Mittel	97,76	95,92	106,32	100
Faserfestigkeit (Reißkraft in cN/tex)	47,5	51,5	47,0	48,7
% vom Mittel	97,53	105,75	96,51	100
Faserfeinheit (IFS-Index)	109,1	162,7	176,0	149,3
% vom Mittel	73,07	108,97	64,64	100

Das Faserertragsniveau im Anbaugebiet Erzgebirge lag im Durchschnitt der Untersuchungsjahre 1995, 1996 und 1999 mit 21,09 dt etwas höher als das in der Oberlausitzer Versuchsstation Berthelsdorf im vierjährigem Durchschnitt (1992 – 95) gemessene Faserertragsniveau von 19,57 dt Fasern/ha. Im Vergleich dazu lag der im Zeitraum 1992 bis 1995 in Forchheim ermittelte durchschnittliche Flachsfaserertrag bei 24,38 dt/ha (RÖHRICHT et al., 1996).

In der Oberlausitz traten in diesem Zeitraum auch hohe Ertragsschwankungen auf, sie reichten von 27,98 dt/ha im feuchtkühlen Jahr 1993 bis 14,88 dt/ha im sehr trockenen Sommer 1994. Im Erzgebirge zeigte der Faserertrag eine höhere Stabilität, die Extreme lagen bei 30,57 dt/ha (1993) bzw. 21,08 dt/ha (1994). Die technische Länge und Faserfestigkeit weisen bei gutem Gesamtniveau nur moderate jahresbedingte Unterschiede auf. Die beobachteten Festigkeitswerte liegen in ihrer Gesamtheit auf dem Niveau von Ergebnissen weiterer Versuchsansteller (KOHLER u. KESSLER, 1998 a). Die Faserfeinheitswerte bewegen sich 1996 und 1999 auf einem ungünstigen Niveau.

3.2 Unkrautbekämpfung

Flachs ist auf Grund seiner langsamen Jugendentwicklung bis zu einer Wuchshöhe von ca. 15 bis 20 cm sehr konkurrenzschwach gegenüber Unkräutern und Ungräsern. Unkrautbesatz im Flachsbeständen kann durch seine Konkurrenzwirkung bezüglich Standraum, Licht- und Nährstoffangebot zu Mindererträgen führen sowie die Ernte und Erstverarbeitung erschweren und verteuern. Vor allem aber können Unkrautanteile im Erntegut die Qualität einschränken und die Vermarktung über anspruchsvolle Produktlinien stark beeinträchtigen.

Der tolerierbare Unkrautbesatz im Ernteprodukt ist in Abhängigkeit von der Verwendungsrichtung verschieden. Die Intensität von Unkrautregulierungsmaßnahmen ist unterschiedlichen Verwertungsrichtungen anzupassen.

Folgende Unkrautarten haben im sächsischen Flachsbanbau Bedeutung:

Wurzelunkräuter: Distel, Quecke

Samenunkräuter: wichtig: Knötericharten, Weißer Gänsefuß, Melde, Raps, Hirtentäschel, Hohlzahn, Rote Taubnessel, Klettenlabkraut, Ackerstiefmütterchen, regional: Hirsearten

häufig, aber weniger bedeutsam:

Vogelmiere, Ehrenpreisarten, Kamille, jährige Rispe

Um die Notwendigkeit bzw. den Umfang aufwendiger bzw. umweltschädigender Unkrautregulierungsmaßnahmen in Flachsbeständen einzuschränken, sind folgende Grundsätze zu beachten:

1. Auswahl von Flachsbanbauflächen ohne bzw. mit geringem Wurzelunkräuterbesatz
2. Verringerung des Unkrautdruckes durch Bekämpfungsmaßnahmen bereits in den Vorfrüchten
3. unbedingte Vermeidung von Vorfrüchten, die zum Durchwuchs neigen (Raps, Kartoffeln, Ackerfutter).

Diese Grundsätze sind kostensparende und umweltschonende Vorsorgestrategien. Darauf aufbauend kann der Herbizideinsatz in Flachs reduziert werden.

Eine sichere Beseitigung eines Großteils der Unkräuter ist beim Flachsbanbau für textile Produktlinien notwendig. Eine hochgradige Unkrautfreiheit muss vor allem bei Verarbeitung zu verspinnbarer Flachskurzfaser gewährleistet sein. Unkrautteile im Fasermaterial stören den Spinnprozess empfindlich (MAY, 2000).

Anbauerfahrungen belegen, dass eine praktische Unkrautfreiheit im niederschlagsreichen sächsischen Flachsbanbaugbiet ohne angemessenen Herbizideinsatz kaum zu verwirklichen ist. Der kostenintensive Einsatz von Herbiziden gegen Gräser (Quecke) ist bei sorgfältiger Auswahl des Anbauschlages aber meist vermeidbar.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist nur das Herbizid Extoll für den Einsatz in Flachs zugelassen. Es zeichnet sich aber bereits ab, dass dieses Mittel nur noch begrenzte Zeit produziert wird. Ergebnisse zur Unkrautbekämpfung in Flachs (RÖHRICHT et al., 1997) sowie Erfahrungen der Landwirte zeigen, dass auch weitere, für andere Kulturpflanzen zugelassene Pflanzenschutzmittel (z. B. Concert, Basagran, Gropper, Fusilade) im Flachsbanbau effektiv sind. Das Risiko der Anwendung dieser Mittel liegt ausschließlich bei den Landwirten.

Am 1. Juli 1998 ist eine Novellierung des Pflanzenschutzgesetzes in Kraft getreten. Die damit verbundene Indikationszulassung erlaubt die Anwendung eines Pflanzenschutzmittels

nur in dem mit der Zulassung festgesetzten Anwendungsgebiet. Nach Ablauf der Übergangszeit bestehen ab dem 1. Juli 2001 insbesondere in Kulturen, die nur in geringfügigem Umfang angebaut werden und zu denen auch der Flachs gehört, nur sehr eingeschränkte Möglichkeiten der Pflanzenschutzmittelanwendung.

Die in §§ 18 a und 18 b des novellierten Pflanzenschutzgesetzes vorgesehenen Möglichkeiten von Ausnahmegenehmigungen durch die Biologische Bundesanstalt bzw. – bei Kulturen mit geringfügigem Anbauumfang – durch die zuständige Landesbehörde eröffnen die Chance einer effizienten Unkrautbekämpfung auch nach Ablauf der Übergangsfrist. Antragsteller können außer dem Zulassungsinhaber auch gewerbliche PSM – Anwender sowie amtliche oder wissenschaftliche Einrichtungen aus Landwirtschaft, Gartenbau oder Forst sein (GRÜBNER, 1998).

Um entsprechende Genehmigungsverfahren durch aktuelles, aussagekräftiges Datenmaterial unterstützen zu können, wurden 1998 und 1999 exakte Parzellenversuche zur Wirksamkeit und Verträglichkeit bisher im Praxisanbau und großflächigen Praxisversuchen bewährter Herbizide, aber auch eines aussichtsreichen, bisher nicht zugelassenen Herbizids (Lexus XPE, Wirkstoffe: Metsulfuron + Flupyrsulfuron) durchgeführt. Letzteres Mittel wirkt auch gegen Windhalm und Ackerfuchsschwanz; die Herstellerfirma (Du Pont) strebt eine Zulassung in Öllein an. Im unmittelbaren Vergleich zur Herbizidwirkung erfolgte die Prüfung zweier mechanischer Unkrautbekämpfungsvarianten.

3. 2. 1 Versuchsdurchführung

Die Untersuchungen erfolgten 1997 und 1998 in der Versuchsstation Forchheim (Blockanlage mit vier Wiederholungen). Am 23. 4. 1998 bzw. am 29. 4. 1999 wurde Flachs der bewährten Sorte Laura auf allen Parzellen mit einer Saatstärke von 2000 keimfähigen Samen/m² und einem Reihenabstand von 12,5 cm (Variante 1 - 7) bzw. 25 cm (Variante 8) ausgesät. Die Verdoppelung des Reihenabstandes in Variante 8 war erforderlich, um Voraussetzungen für den Einsatz der reihengebundenen Maschinenhacke zu schaffen. Zur Bekämpfung vorhandenen Erdflöhebefalls kamen in beiden Versuchsjahren jeweils am 12. Mai 0,1 l/ha des Insektizids Karate und am 15. 6. 98 zusätzlich gegen Blattläuse 0,2 l Sumicidin je ha zur Anwendung. In die Untersuchungen wurden fünf Herbizide und zwei mechanische Verfahren einbezogen (Tabelle 7).

Tabelle 7: Varianten und Datum der Unkrautbekämpfungsmaßnahmen, Parzellenversuch Unkrautbekämpfung Forchheim 1998 und 1999

Variantennummer	Unkrautbekämpfungsmaßnahme	Datum der Maßnahme
1	unbehandelt	-
2	1,5 l Basagran/ha	18. 5. 98 /27. 5. 99
3	1,5 l Extoll/ha	18. 5. 98 /27. 5. 99
4	30 g Concert/ha	18. 5. 98 /27. 5. 99
5	15 g Gropper/ha	18. 5. 98 /27. 5. 99
6	25 g Lexus XPE/ha	18. 5. 98 /27. 5. 99
7	Hackstriegel	28. 5. 98 / 9. 6. 99
8	Maschinenhacke* (doppelt. Reihenabstand)	28. 5. 98 / 9. 6. 99

* Imitation der Wirkung einer Maschinenhacke mittels Handhacke, doppelter Abstand der Flachsreihen (25 cm) im Vergleich zu übrigen Varianten (12,5 cm), aber gleiche Saatstärke

In der Praxis wird das Herbizid Basagran (1,5 l/ha) in Tankmischungen mit Gropper (15 g/ha) eingesetzt. Im Versuch wurden diese Mittel aber einzeln geprüft, um neben der unkrautbekämpfenden Wirkung auch den Einfluss der einzelnen Wirkstoffe auf die Flachspflanze selbst untersuchen zu können. Die Herbizidanwendung erfolgte bei einer Wuchshöhe der Flachspflanzen von etwa 5 cm, der Einsatz von Hackstriegel und "Maschinenhacke" bei etwa 12 cm Wuchshöhe.

Die Wirkung der geprüften Unkrautbekämpfungsmaßnahmen auf den Unkrautbesatz wurde mit Hilfe einer Boniturmethode (BBCA-Methode, Kultur Sommerölfrüchte) der Biologischen Bundesanstalt ermittelt. Bei der Bonitur wurden die Leitunkräuter Weißer Gänsefuß (*Chenopodium album*), Knöterich-Arten (*Polygonum*), Ackerstiefmütterchen (*Viola arvensis*), Hohlzahn-Arten (*Galeopsis*), Vogelmiere (*Stellaria media*), Rote Taubnessel (*Lamium purpureum*) und Hirtentäschel (*Capsella bursa-pastoris*) berücksichtigt. Andere Unkrautarten traten nicht in nennenswertem Umfang auf. Die Unkrautbonitur erfolgte in beiden Untersuchungsjahren zu drei Terminen:

Termin 1: 18. 05. 98 / 27. 5. 99 unmittelbar vor der Herbizidanwendung

Termin 2: 25. 06. 98 / 16. 6. 99 Erfolgsbonitur nach Wirkung der Unkrautbekämpfungsmaßnahmen

Termin 3: 11.08. 98 / 10. 8. 99 Erfolgsbonitur zum Erntezeitpunkt

Die zusammengefassten Ergebnisse der Unkrautbonituren beider Untersuchungsjahre sind in den Tabellen 8 bis 10 dargestellt.

3. 2. 2 Einfluss der Unkrautbekämpfung auf Unkrautbesatz, Ertrag und Qualität

Die Bonituren unmittelbar vor der Herbizidanwendung zeigten in beiden Jahren eine mäßige Verunkrautung mit für den Erzgebirgsraum typischen Unkräutern. Es fehlten allerdings die im Anbaugebiet häufig vorkommenden Arten Klebkraut und Ackerkratzdistel sowie die Quecke (Tabelle 8). Insgesamt war der Unkrautdruck 1998 größer als 1999.

Tabelle 8: Deckungsgrade von Unkräutern und Flachs unmittelbar vor der Herbizidanwendung, Parzellenversuch Forchheim, Durchschnitt 1998/99

Bekämpfungsmaßnahme	Unkrautarten						
	Weißer Gänsefuß	Knöterich - Arten	Ackerstiefmütterchen	Hohlzahn Arten	Vogelmiere	Rote Taubnessel	Hirtentäschel
	Deckungsgrad nach Unkrautarten (%)						
unbehandelt	1,13	3,44	1,82	1,57	1,31	1,31	1,69
	Deckungsgrad Unkräuter gesamt: 12,25 %						
	Deckungsgrad Kulturpflanze: 22,50 %						

Zum Zeitpunkt der Bonituren nach Wirkung der Unkrautbekämpfungsmaßnahmen war der Deckungsgrad der Unkrautarten in der unbehandelten Kontrollvariante im Durchschnitt beider Untersuchungsjahre bereits auf über 57 Prozent (1998: 68,5 %; 1999: 40 %) angestiegen. Die angewandten Unkrautbekämpfungsmaßnahmen zeigten unterschiedlichen Erfolg (Tabellen 9 und 10).

Tabelle 9: Deckungsgrade von Unkräutern und Flachs, Erfolgsbonitur nach Wirkung der Unkrautbekämpfungsmaßnahmen, Parzellenversuch Forchheim, Durchschnitt 1998/99

Bekämpfungsmaßnahme	Unkrautarten						
	Weißer Gänsefuß	Knöterich - Arten	Ackerstiefmütterchen	Hohlzahn - Arten	Vogelmiere	Rote Taubnessel	Hirtentäschel
	Deckungsgrad nach Unkrautarten (%)						
unbehandelt	12,50	15,63	5,88	6,13	6,50	2,38	5,25
	Deckungsgrad Unkräuter Variante unbehandelt gesamt: 54,25 %						
	Bekämpfungserfolg (%)						
1,5 l Basagran/ha	67,50	67,50	47,50	70,68	96,13	71,25	93,75
1,5 l Extoll/ha	96,50	92,38	63,13	62,50	98,50	71,25	99,50
30 g Concert/ha	83,13	98,00	94,63	99,50	99,00	98,75	99,50
15 g Gropper/ha	65,00	84,38	98,00	91,88	97,50	95,63	96,38
25 g Lexus XPE/ha	84,13	98,00	98,50	99,50	99,38	98,25	99,38
Hackstriegel	45,62	37,50	30,00	32,50	36,50	34,38	32,50
Maschinenhacke	45,00	41,25	48,75	42,50	48,50	45,00	50,00
	Deckungsgrad Kulturpflanze: 84,38 %						

Zu beiden Erfolgsboniturterminen wurde sichtbar, dass die mechanischen Maßnahmen Hackstriegel und Maschinenhacke eine erheblich geringere unkrautreduzierende Wirkung hatten als der Einsatz von Herbiziden. Zum Erntezeitpunkt (Tabelle 10) wiesen die mechanisch behandelten Varianten kaum weniger Unkraut auf als die unbehandelte Variante, bei den Arten Stiefmütterchen und Vogelmiere war besonders 1999 ein gegenüber der unbehandelten Parzelle leicht erhöhter Besatz zu beobachten. Möglicherweise regten die mechanischen Maßnahmen, verbunden mit nachfolgenden Niederschlägen, zusätzlich Unkrautsamen zur Keimung an. Die Rote Taubnessel war zum Erntezeitpunkt beider Untersuchungsjahre in keiner Variante - auch nicht in der unbehandelten - mehr nachweisbar, so dass für diese Art kein Bekämpfungserfolg ermittelt werden konnte.

Die eingesetzten Herbizide unterschieden sich hinsichtlich der Wirksamkeit gegenüber den Unkräutern. Basagran zeigte außer gegen Hirtentäschel und Vogelmiere keine ausreichende unkrautreduzierende Wirkung. Besonders schwach wirkte das Mittel gegenüber Hohlzahnarten. In der Praxis wird dies durch Zumischung von Gropper ausgeglichen. Der Einsatz von Basagran bzw. Gropper als Einzelpräparate ist aus der Sicht der Unkrautminderung bei beabsichtigter Verwendung des Flachses im Textilbereich nicht ausreichend. Extoll bekämpfte die vorhandenen Unkrautarten – außer Hohlzahn – gut. Auf die Wirkungslücke des Extoll gegenüber Hohlzahn weist auch der Zulassungsinhaber hin. Concert und das Prüfmittel Lexus XPE zeigten die beste unkrautreduzierende Wirkung. Lediglich der Weiße Gänsefuß war bei Anwendung dieser Mittel zum Erntezeitpunkt noch mit sehr kleinen, wenig störenden Exemplaren vorhanden.

Tabelle 10: Deckungsgrade von Unkräutern und Flachs, Erfolgsbonitur zum Erntezeitpunkt, Parzellenversuch Forchheim, Durchschnitt 1998/99

Bekämpfungsmaßnahme	Unkrautarten						
	Weißer Gänsefuß	Knöterich - Arten	Ackerstiefmütterchen	Hohlzahn Arten	Vogelmiere	Rote Taubnessel	Hirten-täschel
	Deckungsgrad nach Unkrautarten (%)						
unbehandelt	7,88	22,25	3,13	3,75	3,13	0	2,25
	Deckungsgrad Unkräuter Variante unbehandelt gesamt: 43,25 %						
	Bekämpfungserfolg (%)						
1,5 l Basagran/ha	72,50	65,00	79,78	58,75	91,25	-	99,13
1,5 l Extoll/ha	95,38	90,50	92,50	41,25	93,75	-	100,00
30 g Concert/ha	89,25	98,00	94,13	100,00	99,25	-	100,00
15 g Gropper/ha	81,25	85,50	94,75	92,50	98,63	-	99,50
25 g Lexus XPE/ha	88,13	96,00	98,00	99,88	99,50	-	99,50
Hackstriegel*	10,00	6,25	0	10	0	-	0
Maschinenhacke*	8,75	10,00	0	17,50	0	-	0
	Deckungsgrad Kulturpflanze: 85,00 %						

*Bemerkung: in den Varianten Hackstriegel und Maschinenhacke waren zum Erntezeitpunkt teilweise höhere Unkrautdeckungsgrade als in der unbehandelten Kontrollvariante zu verzeichnen

Einfluss auf äußere Merkmale der Flachspflanze

Neben der Wirkung der Unkrautbekämpfungsmaßnahmen auf den Unkrautbesatz wurde auch der Einfluss auf äußere Merkmale der Flachspflanzen, wichtige Ertragsmerkmale sowie die Qualität der Flachsfaser untersucht. Tabelle 11 zeigt, dass die Unkrautbekämpfungsmaßnahmen zum Teil signifikant auf äußere Merkmale des Flachses einwirken. Die Flachspflanzen der Varianten Basagran, Extoll und Gropper weisen signifikant größere Wuchshöhen auf als die der unbehandelten, stärker verunkrauteten Parzellen. Dies deutet darauf hin, dass Unkrautkonkurrenz das Wachstum des Flachses beeinträchtigte. Die geringen Wuchshöhen, technischen Längen und Stängeldurchmesser der Variante Maschinenhacke sind auf die ungünstige Standraumverteilung der innerhalb der Reihen gedrängt stehenden Pflanzen zurückzuführen und lassen diese Unkrautbekämpfungsvariante als wenig geeignet erscheinen. Die Variante Hackstriegel ist bezüglich ihrer Wirkung auf äußere Merkmale der Flachspflanze mit den Herbizidvarianten vergleichbar. Lediglich der geringe, mit der unbehandelten Variante vergleichbare Stängeldurchmesser deutet auf Konkurrenzwirkungen der relativ hohen Verunkrautung hin. Beim Vergleich der Herbizidvarianten untereinander zeigt sich, dass Basagran und Gropper einen günstigen Einfluss auf die Wuchshöhe, z. T. auch auf die technische Länge ausüben. Lexus XPE verursacht im Vergleich mit anderen Herbiziden offensichtlich leichte Stauchungen des Stängels, die in dieser Größenordnung aber keine Verschlechterung der Verwendungseignung nach sich ziehen. Beim Merkmal Anzahl der Samenkapsel je Pflanze konnten zwischen den Varianten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Insgesamt ist die Beeinflussung äußerer Merkmale der Flachspflanze durch

Unkrautbekämpfungsmaßnahmen (außer Maschinenhacke bei doppelten Reihenabstand) gering.

Tabelle 11: Einfluss von Unkrautbekämpfungsverfahren auf äußere Merkmale der Flachspflanze, Parzellenversuch Unkrautbekämpfung Forchheim, 1998/99

Bekämpfungs- maßnahme	Wuchshöhe (cm)	Technische Länge (cm)	Stängeldurch- messer Mitte (mm)	Kapselanzahl je Pflanze
unbehandelt	86,00	78,14	1,48	2,66
1,5 l Basagran/ha	88,68	80,17	1,54	2,78
1,5 l Extoll/ha	87,70	79,73	1,56	2,70
30 g Concert/ha	87,33	78,12	1,59	2,90
15 g Gropper/ha	88,27	79,12	1,58	2,87
25 g Lexus XPE/ha	86,16	77,32	1,55	2,79
Hackstriegel	87,11	78,93	1,45	2,69
Maschinenhacke	85,21	77,20	1,45	2,75
<i>GD 5 %</i>	<i>1,41</i>	<i>1,43</i>	<i>0,06</i>	<i>0,38</i>

Einfluss auf Ertragsmerkmale

Zwischen den untersuchten Unkrautbekämpfungsvarianten (außer Maschinenhacke) konnten bei den Ertragsmerkmalen Grünstrohertrag, Faserertrag und Samenertrag keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Tabelle 12).

Tabelle 12: Einfluss von Unkrautbekämpfungsverfahren auf Grünstrohertrag, Faserertrag und Samenertrag von Flachs, Parzellenversuch Unkrautbekämpfung Forchheim, 1998/99

Bekämpfungs- maßnahme	Grünstrohertrag geriffelt, lufttrocken (dt/ha)	Faserertrag (dt/ha)	Samenertrag (dt/ha)
unbehandelt	92,06	22,34	7,76
1,5 l Basagran/ha	91,13	22,73	7,41
1,5 l Extoll/ha	89,81	22,22	8,10
30 g Concert/ha	91,00	21,60	8,20
15 g Gropper/ha	89,56	23,09	7,30
25 g Lexus XPE/ha	90,88	22,48	7,71
Hackstriegel	88,69	21,41	7,39
Maschinenhacke	81,41	19,06	5,58
<i>GD 5%</i>	<i>6,16</i>	<i>1,87</i>	<i>1,36</i>

Die Grünstroherträge beinhalten auch das im Erntegut enthaltene Unkraut. Deshalb werden zum Vergleich die Fasererträge herangezogen. Die signifikant geringeren Erträge der Variante Maschinenhacke sind mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die gegenüber allen anderen Varianten trotz gleicher Saatstärke deutlich geringere Anzahl Flachspflanzen/m² zurückzuführen.

Einfluss auf Qualitätseigenschaften

Bei den untersuchten Qualitätsmerkmalen Faserfestigkeit, Faserfeinheit und Dehnbarkeit der Fasern (Tabelle 13) waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten

nachweisbar. Vor allem die ermittelten Faserfeinheitswerte zeigen sehr große Schwankungsbreite. Eine statistische Sicherung ist dadurch kaum möglich.

Tabelle 13: Einfluss von Unkrautbekämpfungsverfahren auf Qualitätsmerkmale der Flachsfaser, Parzellenversuch Unkrautbekämpfung Forchheim, Durchschnitt 1998/99

Bekämpfungsmaßnahme	Faserfestigkeit (Reißkraft in cN/tex)	Faserfeinheit (Index IFS)	Höchstzugkraft-Dehnung (%)
unbehandelt	39,39	142,57	2,52
1,5 l Basagran/ha	39,44	117,35	2,58
1,5 l Extoll/ha	37,29	129,64	2,45
30 g Concert/ha	38,88	140,36	2,51
15 g Gropper/ha	37,40	138,37	2,42
25 g Lexus XPE/ha	39,78	132,21	2,55
Hackstriegel	39,60	121,93	2,45
Maschinenhacke	35,44	134,58	2,29
GD 5 %	9,89	69,74	1,90

Tendenziell zeigen Fasern der Variante Basagran gegenüber denen der anderen Herbizidvarianten eine etwas verbesserte Festigkeit, günstigere Feinheit und höhere Dehnbarkeit. Dies bestätigt die Ergebnisse von RÖHRICHT et al. (1998), wonach in einem Praxisversuch die Tankmischung von 1,5 l Basagran und 15 g Gropper/ha ebenfalls Festigkeit und Feinheit positiv beeinflusste. Die nachteilige, auf Praxisschlägen beobachtete Wirkung von Concert auf die Faserfestigkeit konnte nicht bestätigt werden (vergleiche RÖHRICHT et al., 1998). Das neue Herbizid Lexus XPE beeinflusste die Faserfestigkeit leicht positiv. Der Einsatz des Hackstriegels wirkte sich positiv auf die Qualitätseigenschaften aus, während Flachs der mittels Maschinenhacke bearbeiteten Parzellen vergleichsweise ungünstigere Qualitätsmerkmale aufwies. Dies ist mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht auf die Wirkung der Maschinenhacke selbst, sondern auf den höheren Reihenabstand des Flachses bei gleicher Saatstärke und die damit verbundene erhöhte Konkurrenzwirkung der in der Reihe gedrängt stehenden Flachspflanzen zurückzuführen.

Kosten der Unkrautbekämpfung

In Tabelle 14 sind die durch unterschiedliche Unkrautbekämpfungsmaßnahmen in Flachs entstehenden Kosten dargestellt. Sie beruhen auf handelsüblichen Herbizidpreisen (Mittelkosten) und Verrechnungspreisen von Landwirtschaftsbetrieben (technologische Kosten)

Tabelle 14: Kosten von Unkrautbekämpfungsmaßnahmen im Flachsanbau

Maßnahme	Mittelkosten (DM/ha)	technologische Kosten (DM/ha)	Gesamtkosten (DM/ha)
1,5 l Extoll/ha	55	30	85
1,5 l Basagran + 15 g Gropper/ha	110	30	140
30 g Concert/ha	30	30	60
Lexus XPE	nicht bekannt	30	nicht bekannt
nichtreihengebundener Hackstriegel	-	35	35

Maschinenhacke (Voraussetzung: höherer Reihenabstand)	-	90	90
---	---	----	----

Die relativ hohen Kosten des Einsatzes einer (in der Praxis bisher nicht üblichen) Maschinenhacke in Flachs wurden geschätzt. Die Kosten für den Einsatz von Basagran und Gropper als Tankmischung wurden zusammengefasst, da die Einzelpräparate keine ausreichende Wirkung haben. Lexus XPE ist zur Zeit noch nicht zugelassen und nicht im Handel, somit liegt für dieses Mittel auch noch kein Preis vor (DITTRICH, 2000).

3. 2. 3 Unkrautbekämpfungsmaßnahmen im verwendungsorientierten Flachs-anbau

Auf der Grundlage der Anforderungen von Flachsverarbeitern verschiedener Produktlinien an die Qualität und Unkrautfreiheit des Flachses sowie der Ergebnisse vorliegender Untersuchungen können die in Tabelle 15 dargestellten Empfehlungen zur Unkrautbekämpfung im verwendungsorientierten Flachs-anbau gegeben werden.

Tabelle 15: Eignung von Unkrautbekämpfungsmaßnahmen bei beabsichtigter Verwendung des Flachses in unterschiedlichen Produktlinien (aktuelle Herbizidzulassungssituation beachten!)

Maßnahme	Eignung für Produktlinien			
	Langfaser	verspinnbare Kurzfaser	Verbundwerkstoffe	Dämmstoffe
unbehandelt	-	-	(X)	(X)
1,5 l Basagran + 15 g Gropper/ha	+	+	0	0
1,5 l Extoll/ha	+	+	+	0
30 g Concert/ha	+	+	+	+
25 g Lexus XPE/ha	+	+	?	?
nicht reihengebundener Hackstriegel	(X)	-	(X)	(X)
Maschinenhacke	-	-	-	-
2 l Fusilade/ha (zusätzlich)	+	+	0	0

+ = geeignet 0 = geeignet, aber zu teuer - = nicht geeignet (X) = nur auf ausgewählten unkrutarmen Flächen bei geringem Unkrautdruck ? = abhängig vom noch nicht bekannten Preis des Herbizids

Dabei ist zu beachten, dass gegenwärtig nur das Herbizid Extoll in Flachs zugelassen ist. Bis zum Ablauf der Übergangsfrist des Pflanzenschutzgesetzes (Mitte 2001) dürfen die anderen aufgeführten, für andere Fruchtarten zugelassenen Pflanzenschutzmittel (außer Lexus XPE, z. Z. keine Zulassung) in Flachs angewandt werden, wobei das Risiko der Anwendung beim Anbauer liegt. Nach Ablauf der Übergangsfrist wird die Herbizidanwendung in Flachs auf Extoll beschränkt sein, falls nicht zwischenzeitlich weitere geeignete Mittel zugelassen werden.

Insgesamt sollte der Erhaltung des positiven ökologischen Images des Flachses ein hoher Stellenwert beigemessen werden. Im Interesse der Umwelt und guter Vermarktungschancen ist der Herbizideinsatz in Flachs auf das unbedingt notwendige Maß zu reduzieren. Bei gezieltem Anbau von Flachs für technische Produktlinien ist eine vollständige Unkrautbeseitigung nicht in jedem Fall notwendig, so dass sich vor allem in Jahren mit geringem Unkrautdruck Einsparpotenziale bei Unkrautbekämpfungsmaßnahmen bieten. Günstige Witterung vorausgesetzt, können hier mechanische Unkrautbekämpfungsmaßnahmen (Striegeleinsatz) ausreichen. Der Einsatz einer Maschinenhacke setzt größere Reihenabstände des Flachses voraus und ist relativ teuer. Die

dadurch trotz gleicher Saatstärke verringerte Bestandesdichte beeinflusst den Ertrag und zum Teil auch die Faserqualität negativ. Die Unkrautbekämpfung in Flachs mittels Maschinenhacke ist deshalb nicht zu empfehlen. Bei vorgesehener Verwendung des Flachses in den Produktlinien Langfaser, vor allem aber verspinnbare Kurzfaser, wird auf eine Herbizidanwendung in den meisten Fällen nicht verzichtet werden können.

3.2.4 Empfehlungen zur Herbizidzulassung für Flachs

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchungen lässt sich ableiten, dass die Zulassung des preisgünstigen Herbizids Concert für die Anwendung in Flachs dringend zu empfehlen ist. Unter der Voraussetzung, dass die Mittelkosten von Lexus XPE höchstens im mittleren Bereich (bis ca. 100 DM/ha) liegen, gilt die Zulassungsempfehlung auch für dieses Mittel. Um das verfügbare Herbizidspektrum abzurunden, wären Zulassungen von Basagran (gegen Klettenlabkraut) und Gropper ebenfalls zu befürworten. Die in Flachs immer wieder auftretende Quecke (*Agropyron repens*) sollte unbedingt bereits vor dem Flachs-anbau im Rahmen der Fruchtfolge bekämpft werden. Deshalb wurden im Rahmen des Projektes keine Untersuchungen mit Herbiziden gegen Quecken durchgeführt. Es wird aber voraussichtlich immer wieder Flachsflächen mit Queckenbesatz geben, die Verwendbarkeit solchen Flachsstrohes in textilen Produktlinien ist stark eingeschränkt. Zur Bekämpfung der Quecke hat sich in der Praxis das Herbizid Fusilade (2 l/ha) bewährt. Deshalb sollte auch Fusilade für eine Zulassung vorgesehen werden. Der Einsatz von Fusilade ist aber mit hohen Kosten (Mittelkosten ca. 160 DM/ha) verbunden.

3.3 Optimierung des Raufzeitpunktes

Die Meinungen der Flachs-anbauer zum optimalen Zeitpunkt des ersten Schrittes der Flachs-ernte, der Wachstumsunterbrechung durch die Flachsraufe, gehen z. T. weit auseinander. Sie beruhen oft auf Erfahrungen, die in früheren Jahren bei der Erzeugung von Flachs für Schwingereien (Langfaserlinie) gewonnen wurden und auf die Qualitätsanforderungen dieser Produktlinie ausgerichtet sind. Die modernen Produktlinien verspinnbare Kurzfaser, Verbundwerkstoffe und Geotextilien/Dämmstoffe stellen z. T. andere Anforderungen an die Qualität des Flachsstrohes und der darin enthaltenen Fasern (s. Tabelle 1).

Der Zeitpunkt der Flachsraufe bzw. -mahd muss sich am Reifegrad der Flachspflanze orientieren. Bei der Bonitur des Reifegrades mit Hilfe der allgemein als äußere Reifemerkmale der Flachspflanze anerkannten EC-Stadien ist zu beachten, dass besonders im Abschnitt Blüte bis Reife einige Merkmale mehrerer EC-Stadien gleichzeitig sichtbar werden können, wodurch eine exakte Aussage erschwert wird. Auch wurde der Zusammenhang zwischen den EC-Stadien und inneren Merkmalen der reifenden Flachspflanze wie Fasergehalt des Stängels, Faserfestigkeit, Faserfeinheit und Dehnbarkeit der Fasern bisher nicht untersucht.

Ziel vorliegender Untersuchungen war es deshalb, eine einfache, vom Anbauer ohne aufwendige Hilfsmittel anwendbare und reproduzierbare Methode zur Erkennung des verwendungs-spezifisch optimalen Rauf- bzw. Mähzeitpunktes zu entwickeln, die auf Zusammenhängen zwischen dem Grad des Blattabfalls und inneren Qualitätsmerkmalen der Flachspflanze beruht. Diese Überlegungen führten zur Blatt-Stängel-Methode.

3.3.1 Blatt-Stängel-Methode

Mittels praxisnaher Flachs-anbauversuche wurde untersucht, wie sich die Qualitätsmerkmale

- Fasergehalt des Stängels (Prozent der Stängelmasse ohne Blätter und Kapseln)
- Faserfestigkeit (Reißkraft in cN/tex)
- Faserfeinheit (IFS-Index) und

- Faserdehnung bei Höchstzugkraft (%)

im Reifeverlauf verändern und inwieweit die Qualitätsmerkmale mit dem leicht ermittelbaren „Blattabfallsgrad“ korrelieren.

Versuchsdurchführung

Die Untersuchungen zur Entwicklung von Qualitätsmerkmalen und ihrer Beziehung zum Grad des Blattabfalls erfolgten 1998 anhand eines Flachsanbauschlages (Sorte Laura) der Agrargenossenschaft Großhartmannsdorf und 1999 auf einem Schlag der Bäuerlichen Erzeugergenossenschaft Gahlenz (Sorte Ariane). Die Untersuchungen begannen in beiden Jahren zum Zeitpunkt der Erreichung des EC-Stadiums 36 (kurz vor der Vollblüte). Der Zeitpunkt des Beginns der Untersuchungen war vegetationsbedingt unterschiedlich: 1998 war dieses EC-Stadium am 17. Juli, 1999 bereits am 2. Juli erreicht. An jährlich elf Terminen wurde in Abständen von zwei bis vier Tagen an fünf repräsentativen Messstellen der Praxisschläge jeweils an 20 Pflanzen die Wuchshöhe und der Blattabfall (in cm von der Bodenoberfläche bis zum untersten noch vorhandenen Laubblatt am Stängel) gemessen. Wuchshöhe und Blattabfall wurden ins Verhältnis gesetzt und der Blattabfallsgrad ermittelt:

$$\text{Blattabfallsgrad (in \% der Wuchshöhe)} = \text{Blattabfall in cm} / \text{Wuchshöhe in cm} \times 100$$

Außerdem wurden zu den gleichen Zeitpunkten Strohproben zur späteren Feststellung des Fasergehaltes im Stängel und der Qualitätsmerkmale Faserfestigkeit, Faserfeinheit und Dehnbarkeit der Fasern entnommen. Diese Qualitätsmerkmale wurden durch das Sächsische Textilforschungsinstitut Chemnitz nach der unter 2. 4 beschriebenen Methodik an unter Laborbedingungen geröstetem Material bestimmt.

Ergebnisse

Die in den Abbildungen 1 bis 4 erkennbaren starken Abhängigkeiten der untersuchten Qualitätseigenschaften Fasergehalt, Faserfestigkeit, Faserfeinheit und Dehnbarkeit der Fasern vom Blattabfallsgrad (in % der Wuchshöhe) zeigen, dass durch Messung des Blattabfallsgrades mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit auf den Entwicklungsstand innerer Qualitätsmerkmale geschlossen werden kann. In Abbildung 1 ist der Zusammenhang zwischen **Fasergehalt** im Stängel und Blattabfallsgrad im Mittel beider Untersuchungsjahre dargestellt.

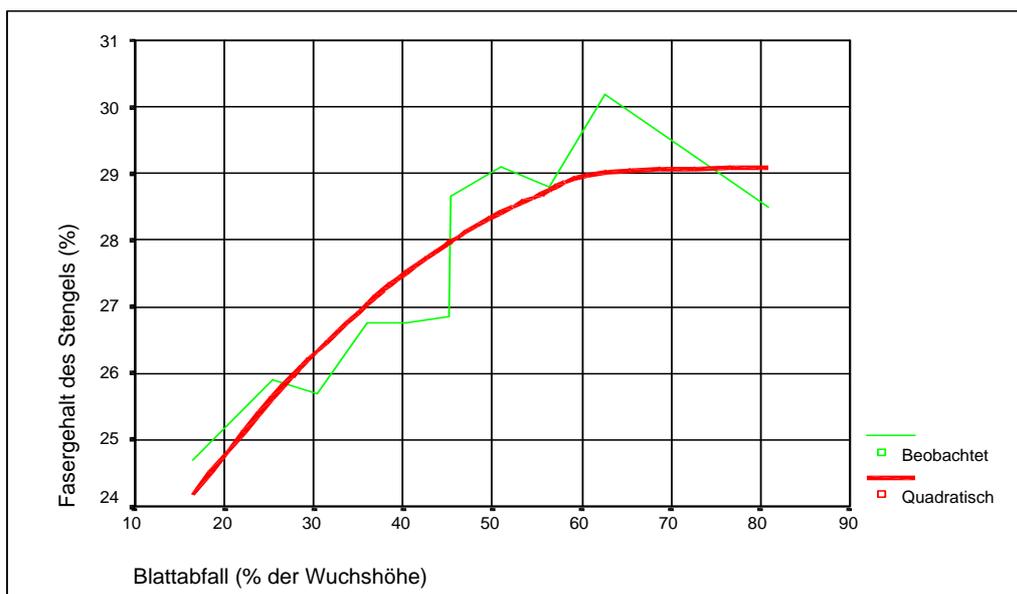


Abbildung 1: Fasergehalt des Flachsstängels in Abhängigkeit vom Blattabfallsgrad, ab EC-Stadium 36 (Vollblüte), Mittel 1998 (Großhartmannsdorf) und 1999 (Gahlenz)

Aus der in Abbildung 1 dargestellten quadratischen Funktion

$$\text{Fasergehalt (\% der Stängelmasse)} = 20,84 + 0,23x - 0,001566x^2 \quad (B = 0,818)$$

geht hervor, dass bei einem Blattabfallsgrad von 50 bis 60 % bezogen auf die Wuchshöhe der endgültige Fasergehalt bereits nahezu erreicht ist. Aus der Sicht des Fasergehaltes wäre die Raufe bzw. das Mähen des Flachses ohne Einbußen bereits zu diesem Zeitpunkt möglich.

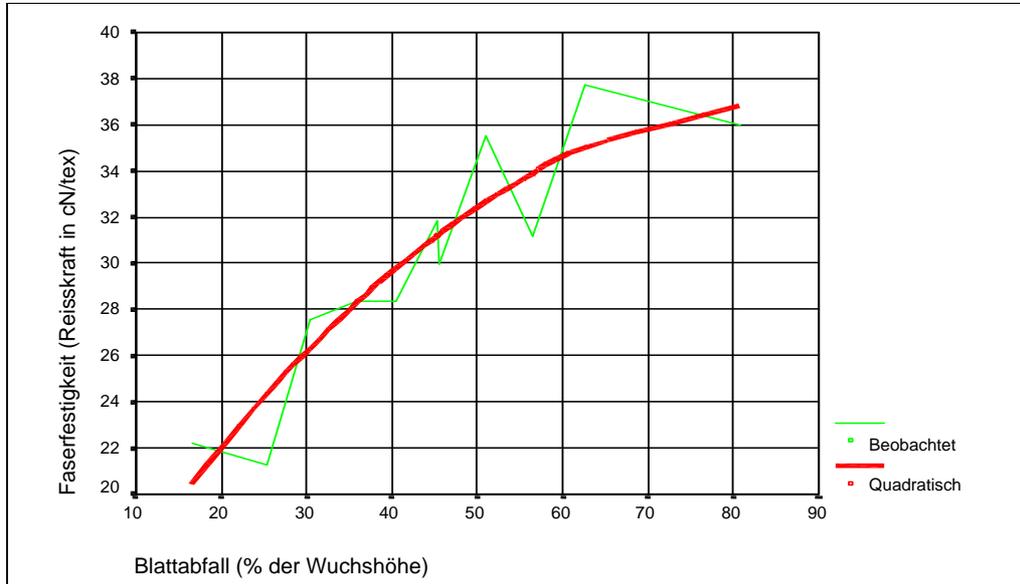


Abbildung 2: Faserfestigkeit in Abhängigkeit vom Blattabfallsgrad, ab EC-Stadium 36 (Vollblüte), Mittel 1998 (Großhartmannsdorf) und 1999 (Gahlenz)

Die **Faserfestigkeit**, gemessen als Reißkraft in cN/tex, nimmt entsprechend der Funktion

$$\text{Reißkraft (cN/tex)} = 11,79 + 0,58x - 0,003345x^2 \quad (B = 0,849)$$

bis Blattabfallsgrad von 60 Prozent deutlich zu (Abbildung 2). Allerdings ist bereits bei einem Blattabfallsgrad von 40 - 50 Prozent eine durchschnittliche Faserfestigkeit von 30 cN/tex vorhanden, die für die Herstellung verspinnbarer Flachskurzfaser ausreicht (HALKE, 1999). Allerdings sind höhere Festigkeitswerte von Vorteil. Das gilt in besonderem Maße für Flachsfasern, die als Verstärkungsfaser in Verbundwerkstoffen Verwendung finden sollen (KÖHLER u. KESSLER, 1998 b, HEIER et al. 1998).

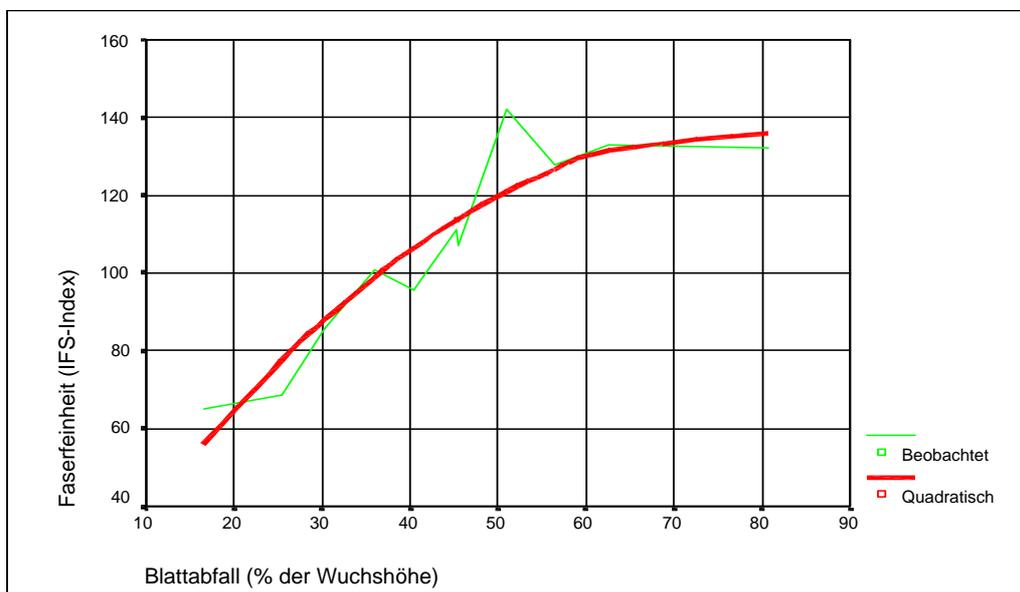


Abbildung 3: Faserfeinheit in Abhängigkeit vom Blattabfallsgrad, ab EC-Stadium 36 (Vollblüte), Mittel 1998 (Großhartmannsdorf) und 1999 (Gahlenz)

Die **Faserfeinheit** verschlechtert sich entsprechend der Funktion

$$\text{IFS- Index} = 6,54 + 3,34x - 0,021513x^2 \quad (B = 0,880)$$

im Reifeverlauf bis zur Erreichung eines Blattabfallgrades von 50 Prozent schnell und erreicht bereits zu diesem Zeitpunkt mit 120 IFS-Punkten für die Verspinnbarkeit relativ ungünstige Werte (Abbildung 3, hoher IFS-Wert entspricht ungünstiger Feinheit). Danach nimmt die Feinheit deutlich langsamer ab. Aus der Sicht der Faserfeinheit wäre für alle Produktlinien eine möglichst frühe Ernte noch vor einem Blattabfallgrad von 50 Prozent zu befürworten.

Für das gemeinsame Verspinnen von Flachskurzfasern mit Mischungspartnern, die regelmäßig eine höhere Dehnbarkeit aufweisen, ist eine hohe **Dehnbarkeit der Flachsfasern** bei Verwendung in der Produktlinie verspinnbare Kurzfasern tendenziell günstig zu bewerten. Für technische Einsatzgebiete kann eine geringe Dehnbarkeit vorteilhaft sein. Die Dehnbarkeit der Fasern bei Höchstzugkraft (Abbildung 4) nimmt bis zum Ende der Reifeperiode nach der Funktion

$$\text{Dehnbarkeit der Fasern (\%)} = 1,32 + 0,027x - 0,0000964x^2, \quad (B = 0,823)$$

zu, wobei die beobachteten Werte andeuten, dass ab 60 bis 70 % Blattabfallsgrad nur noch geringe Zunahmen zu beobachten sind.



Abbildung 4: Dehnbarkeit der Fasern in Abhängigkeit vom Blattabfallsgrad, ab EC-Stadium 36 (Vollblüte), Mittel 1998 (Großhartmannsdorf) und 1999 (Gahlenz)

Nach diesem Kriterium ist ab 60 % Blattabfall die Raufe von Flachs für die Produktlinie verspinnbare Kurzfasern vorteilhaft. Langfaserflachs, dessen Fasern ohne Mischungspartner versponnen werden und somit geringere Dehnbarkeitskriterien erfüllen müssen, kann aus dieser Sicht etwas früher geerntet werden, Flachs für technische Produktlinien zu einem noch früherem Stadium. Insgesamt ist dem Qualitätsmerkmal Dehnbarkeit der Flachsfaser aber keine zu große Bedeutung beizumessen (BUCHFELD, 2000).

3.3.2 Anwendung der Blatt-Stängel-Methode für die verwendungsorientierte Wahl des Raufzeitpunktes

Ausgehend von den Untersuchungsergebnissen zum Zusammenhang zwischen Grad des Blattabfalls einerseits und Fasergehalt, -festigkeit, -feinheit und -dehnung andererseits wird versucht, die verwendungsspezifisch optimalen Zeitspannen der Raufe bzw. Mahd von Flachs zu definieren. Es zeigt sich, dass diese Merkmale keine einheitliche Aussage zum optimalen Reifetermin erlauben. Deshalb ist eine Wichtung der Bedeutung dieser Merkmale erforderlich.

Tabelle 16: Optimale Erntezeitspannen (nach Blattabfallsgrad) des Flachses für unterschiedliche Produktlinien aus der Sicht von Fasergehalt und Qualitätsmerkmalen

Produktlinie	Langfaser	verspinnbare Kurzfaser	Verbundwerkstoffe	Dämmstoffe, Geotextilien
Fasergehalt	über 50 %	über 50 %	über 50 %	über 50 %
Faserfestigkeit	über 60 %	über 40 %	über 60 %	keine Anforderungen
Faserfeinheit	möglichst früh	möglichst früh	möglichst früh	keine Anforderungen
Faserdehnung	über 50 %	über 60 %	möglichst früh	keine Anforderungen
Gesamteinschätzung	60 - 70%	50 - 60 %	60 - 70 %	über 50 %

Bei der in Tabelle 16 dargestellten Gesamteinschätzung wird der Fasergehalt hoch gewichtet, da die Erreichung eines optimalen Fasergehaltes Voraussetzung für einen hohen Faserertrag und somit für die Wirtschaftlichkeit ist. Die Faserfestigkeit erfährt außer bei der Produktlinie Dämmstoffe/Geotextilien ebenfalls eine hohe Wichtung. Die Faserfeinheit wird auf Grund wenig gesicherter Prüfmethodik und die Dehnbarkeit der Faser wegen geringerer Bedeutung schwächer gewichtet. Die in Tabelle 16 dargestellten Empfehlungen zeigen, dass Flachs nicht vor einem Blattabfallsgrad von 50 Prozent gerauft bzw. gemäht werden sollte, da erst nach Erreichung dieses Blattabfallsgrades der für die Wirtschaftlichkeit aller Produktlinien wichtige Fasergehalt ein Niveau erreicht, der die Wachstumsunterbrechung (Raufen oder Mähen) rechtfertigt. Bei Flachsanzbau für verschiedene Produktlinien sollte bei Erreichung eines Blattabfallgrades von 50 Prozent zuerst der für die Herstellung von Dämmstoffen/Geotextilien bestimmte Flachs gerauft bzw. gemäht werden, da dieser nur geringe Anforderungen bezüglich Faserfestigkeit, -feinheit und -dehnbarkeit erfüllen muss. Auch der für die Verarbeitung zu verspinnbarer Kurzfaser vorgesehene Flachs sollte bereits ab 50 Prozent Blattabfall gerauft werden, da dann eine für diesen Verwendungszweck genügende Faserfestigkeit bereits erreicht ist. Jede weitere Verzögerung der Raufe vermindert die für diese Produktlinie sehr wichtige Faserfeinheit. Allerdings wird das mögliche Potenzial an Festigkeit und Dehnbarkeit nicht vollständig ausgeschöpft, so dass ein Kompromiss zwischen Festigkeit und Dehnbarkeit einerseits und Feinheit der Fasern andererseits erforderlich ist. Flachs, der für die Verarbeitung über die Produktlinien Langfaser und Verbundwerkstoffe bestimmt ist, sollte wegen der im Vergleich zu verspinnbarer Kurzfaser erhöhten Festigkeitsanforderungen und der tendenziell geringeren Ansprüche an die Faserfeinheit erst bei einem Blattabfallsgrad ab 60 Prozent bzw. nach Abschluss der Raufe von Flachs für andere Produktlinien gerauft werden.

Das vorgestellte Modell zur verwendungsspezifischen Optimierung des Zeitpunktes der Flachsraufe bzw. -mahd (Blatt-Stängel-Methode) beruht auf zweijährigen Untersuchungs-

ergebnissen. Zur Absicherung der Ergebnisse ist eine Wiederholung der Untersuchungen und ein Anwendungstest der Blatt-Stängel- Methode im großtechnischen Maßstab geplant.

3.4 Untersuchungen zur Optimierung des Röstgrades

Vor der Erstverarbeitung ist das Flachsstroh einer Röste zu unterziehen, um die Trennung der Fasern von den Schäben zu erleichtern. Während früher vor allem die arbeitsintensive, kostenaufwendige und umweltbelastende Wasserröste verbreitet war, ist unter den heute in Deutschland gegebenen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und Umweltstandards nur noch die Tauröste direkt auf dem Flachsfeld durchführbar. Bei diesem Verfahren werden die Flachsstängel mit der Raufmaschine gerauft und als Schwad bei Parallellage der Stängel auf dem Feld abgelegt. Auch ein Mähen der Flachses ist möglich (s. Punkt 3. 5). Durch den Einfluss von Mikroorganismen (vor allem niedere Kleinpilze, aber auch Bakterien), die durch Tau und Regen gute Wachstumsbedingungen vorfinden, werden die für die Bindung zwischen Bastfasern und holzigen Stängelbestandteilen (Schäben) verantwortlichen Pektine im Stängel angegriffen und aufgespaltet. Die Spaltprodukte werden durch Niederschläge ausgewaschen. Im weiteren Verlauf der Röste greifen die Mikroorganismen auch die Kittsubstanzen der Mittellamelle an. Dadurch sind die Bastfaserbündel leichter in Einzelfasern aufspaltbar.

Die Dauer der Tauröste ist vom angestrebten Röstgrad, in hohem Maße aber auch von den vorherrschenden Witterungsbedingungen abhängig und kann bei andauernd feuchtwarmem Wetter nach zwei bis drei Wochen abgeschlossen sein. Bei trockener und kühler Witterung mit geringer Taubildung kann sie aber auch über fünf Wochen dauern. Nach Erreichen des optimalen Röstgrades ist eine schnelle Trocknung des Röststrohes notwendig, um den Röstprozess zu unterbrechen und eine zum Wertverlust führende Überröste zu vermeiden. Die Bedingungen für eine schnelle Trocknung verschlechtern sich mit fortschreitender Jahreszeit im Spätsommer und Herbst ständig, das Ernterisiko steigt. Die Rostdauer ist deshalb so kurz wie möglich und so lang wie zur Erreichung des verwendungsabhängig notwendigen Röstgrades erforderlich zu gestalten.

Von der Röste ist bekannt, dass sie einen wesentlichen Einfluss auf wichtige innere Qualitätsmerkmale des Flachses ausübt. In den vorliegenden Untersuchungen wurde festgestellt, wie sich die Merkmale gewinnbarer Fasergehalt im Flachsstroh, Faserfestigkeit, Faserfeinheit (Aufspaltbarkeit der Faserbündel) und Dehnbarkeit der Fasern bei fortschreitender Röste verändern. Das erfolgte mit dem Ziel, produktlinienbezogen den jeweils optimalen Röstgrad festlegen zu können.

Die Untersuchungen zur Optimierung des Röstgrades erfolgten anhand von Flachsstroh der Sorte Ariane aus dem Praxisversuch Gahlenz 1999. Der Flachs wurde am 2. August gerauft und zur Röste auf dem Feld abgelegt. In Abhängigkeit vom sichtbaren Fortschritt des Röstprozesses wurden in Abständen von 2 – 5 Tagen insgesamt 15 Proben des Flachsstrohes, die letzte im Stadium der Vollröste, entnommen. Eine sofortige Trocknung der Proben verhinderte die Weiterröste. Eine weitere Probe blieb noch zwei Wochen länger auf dem Feld, um eine Überröste zu erreichen. Gemeinsam mit Fachpersonal des Sächsischen Textilforschungsinstitutes Chemnitz (BUCHFELD, 1999) wurden aus den entnommenen Röststrohproben zehn Proben ausgewählt und nach der CLAAS-Röstskala (AUTORENKOLLEKTIV, 1995) den Röstgraden 1 (ungeröstet) bis 9 (Vollröste) bzw. 10 (überröstet) zugeordnet. Für diese Proben wurden röstgradbezogen mit der unter 2. 4 beschriebenen Methodik durch das STFI Chemnitz der Fasergehalt im Flachsstroh sowie Faserfestigkeit, Faserfeinheit und Dehnbarkeit der Fasern festgestellt. In den Abbildungen 5 und 6 werden die regressionsanalytischen Zusammenhänge zwischen ausgewählten Qualitätsmerkmalen und dem Röstverlauf dargestellt.

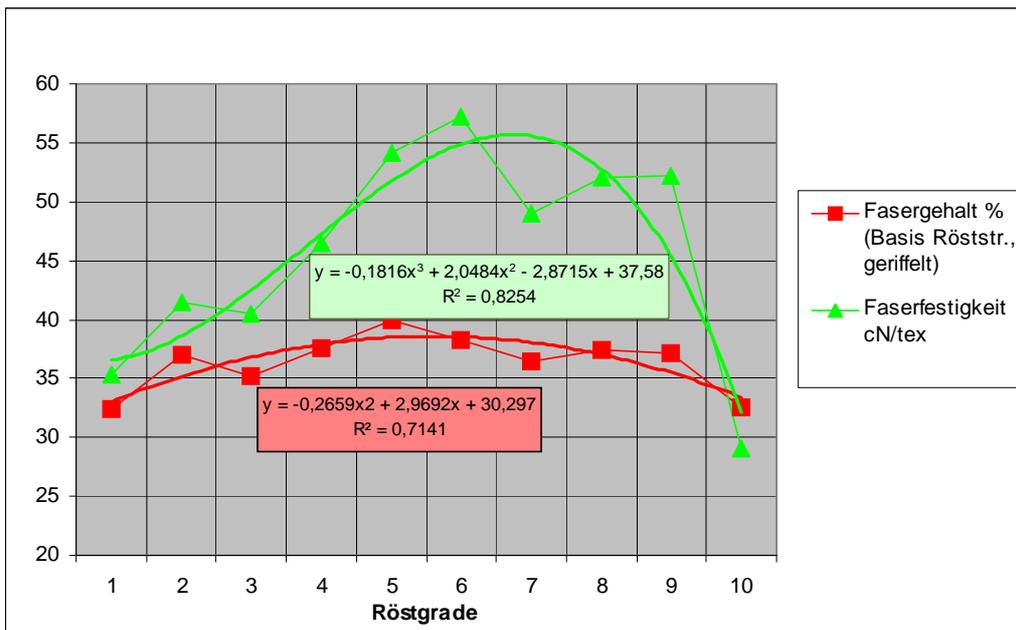


Abbildung 5: Einfluss des Röstgrades auf den gewinnbaren Fasergehalt des Flachsstängels und die feinheitsbezogene Festigkeit der Flachsfaser, Praxisversuch Gahlenz, 1999

Abbildung 5 zeigt den Einfluss des Röstgrades auf den gewinnbaren Fasergehalt des Flachsstängels und die feinheitsbezogene Faserfestigkeit, Bild 6 auf die Dehnbarkeit der Fasern.

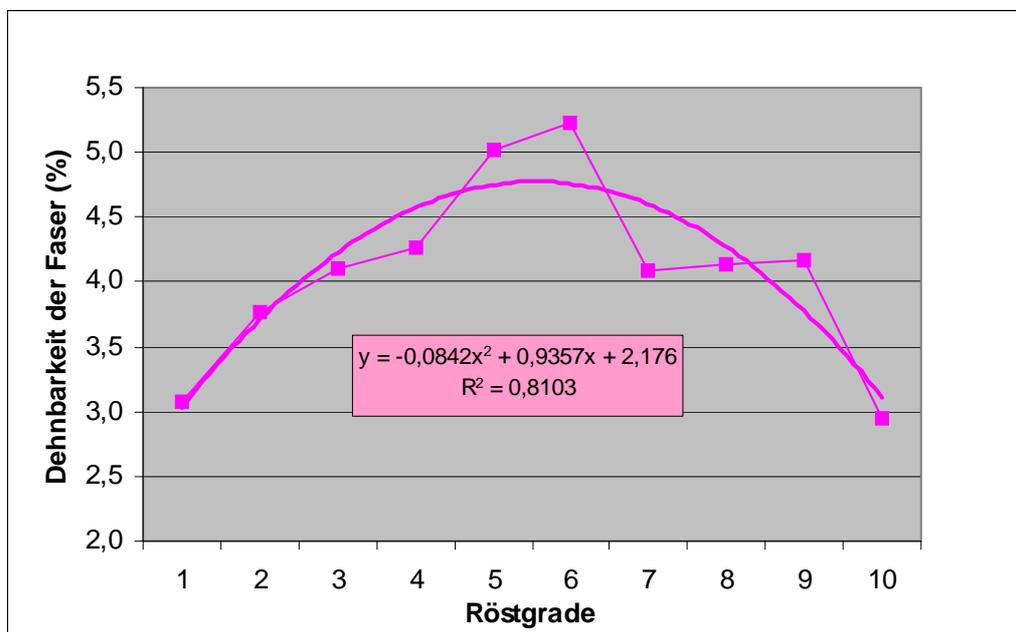


Abbildung 6: Einfluss des Röstgrades auf die Dehnbarkeit der Flachsfaser, Praxisversuch Gahlenz, 1999

Der bei der Faser-Schäben-Trennung gewinnbare **Fasergehalt** nimmt relativ zur Stängelmasse zunächst zu, da wasserlösliche Stängelbestandteile ausgewaschen werden, die Bastfasern aber voll erhalten bleiben. Die **feinheitsbezogene Faserfestigkeit** steigt in diesem Abschnitt der Röste stark an, da sich durch den Röstprozess die Aufspaltbarkeit der Fasern und damit deren Feinheit verbessert, die Reißfestigkeit der Einzelfasern aber noch erhalten

bleibt. Später, nachdem sich die feinheitsbezogene Faserfestigkeit ab Röstgrad 8 schnell verschlechtert, nimmt auch der Anteil gewinnbarer Fasern an der Gesamtstängelmasse wieder ab. Dies ist mit steigenden Faserverlusten beim Fasergewinnungsprozess infolge geringerer Faserreifestigkeit und nicht weiter fortschreitendem Abbau holziger Stngelbestandteile erklärbar. Das berschreiten der Vollröste (berrste, Röstgrad 10) führt zur drastischen Abnahme von Faserfestigkeit und gewinnbarem Fasergehalt im Stängel. Eine Fortführung der Röste noch über diesen Zeitpunkt hinaus würde zur vollständigen Faserzerstörung führen.

Die **Dehnbarkeit der Flachsfaser** (Abbildung 6) zeigt während des Rstverlaufes ein ähnliches Verhalten wie die Faserfestigkeit. Besonders bei mittleren Röstgraden ist eine hohe Dehnbarkeit gegeben. Hohe Dehnbarkeit könnte ein gewisser Vorteil bei der Verspinnung von Flachs zusammen mit anderen, dehnbaren Fasern zu Mischgarnen sein. Allerdings ist die Verspinnbarkeit nicht voll gerösteter Flachsfasern stark eingeschränkt (HALKE, 1999), so dass dieser Vorteil kaum nutzbar ist. Im Bereich hoherer Rstgrade sind mit über vier Prozent immer noch sehr günstige Dehnbarkeitswerte zu beobachten. Erst bei Überschreitung des Röstgrades 9 (Vollröste) sinkt die Dehnbarkeit deutlich ab, liegt aber immer noch auf einem im Vergleich zu anderen Untersuchungen durchschnittlichem Niveau. Die Auswertung der Ergebnisse zur Entwicklung von Qualitätsmerkmalen im Verlauf des Röstprozesses und die Berücksichtigung von Erfahrungswerten zur Verarbeitbarkeit unterschiedlich gerösteten Materials lassen folgende Aussage zum optimalen Flachsrstgradbereich für unterschiedliche Produktlinien zu:

Produktlinie	Langfaser	verspinnbare Kurzfaser	Verbundwerkstoffe	Dämmstoffe, Geotextilien
optimale Rstgrade	8 - 9	8 - 9	7 - 9	5 - 9

Es ist beabsichtigt, diese Zusammenhänge weiter zu präzisieren und in der Praxis zu testen.

3.5 Verwendungsorientierte Ernteverfahren

Im gesamten Prozess der Erzeugung von Flachs ist die Ernte der kostenintensivste und risikoreichste Abschnitt, der sich in folgende Teile gliedert:

1. die Unterbrechung des Wachstums der noch nicht vollständig ausgereiften Flachspflanzen durch Raufen oder Mähen
2. Bearbeitung (Wenden, Schwaden) des Flachsstrohes zur Optimierung des Röstprozesses
3. die Bergung des Flachsstrohes (Pressen) bei Erreichung des gewünschten Röstgrades.

Bei Erreichung des optimalen Röstgrades ist das Röststroh schnell zu bergen, um die zum Wertverlust führende Überröste zu vermeiden. Deshalb sind schlagkräftige, kostengünstige und auf den Verwendungszweck der Fasern ausgerichtete Ernteverfahren notwendig.

Das traditionelle Flachsernteverfahren der Langfaserlinie dient der Erzeugung von Flachsrststroh für die Produktlinie Langfasergewinnung. Die für die Verarbeitung des Röststrohes in der Schwingerei notwendige Parallellage der Flachsstängel erfordert den durchgängigen Einsatz von Spezialmaschinen. Der damit verbundene Einsatz von Spezialpressen mit begrenzter Ernteleistung erhoht das Witterungsrisiko. Neue Methoden der Flachsverarbeitung, welche die Erzeugung von Flachskurzfasern für textile und technische Einsatzgebiete zum Ziel haben, erfordern keine Parallellage der Flachsstängel im Erntegut. Dies ermöglichte in den letzten Jahren die Entwicklung und Erprobung neuer, schlagkrftigerer Erntetechniken (Wirrfaserlinie), die Flachsrststroh in Wirrlage erzeugen.



Abbildung 8: Flachsraufmaschine beim Raufen von Flachs

Nach etwa ein bis zwei Wochen (witterungsabhängig) wird das Schwad mit Hilfe der Flachswendemaschine (Abbildung 9) exakt gewendet, so dass die unten liegenden Flachsstängel nach oben gelangen, der Witterung ausgesetzt werden und verstärkt dem Röstprozess unterliegen. Als Alternative kann eine Riffel-Wende-Maschine eingesetzt werden, die zusätzlich zum Wendevorgang die Samenkapseln von den Stängeln abstreift (riffelt) und aufnimmt.



Abbildung 9: Flachswendemaschine im Einsatz

Falls nach starken Regenfällen der Flachs nicht mehr locker im Schwad liegt oder wenn im späteren Röstverlauf Unkraut durch das Schwad wächst, hat der Einsatz des zweireihigen Flachsschwadlüfters (Abbildung 10), eine sehr günstige Wirkung auf die Durchlüftbarkeit und Abtrocknung des Flachsschwades. Auch wenige Stunden vor dem Pressen des Flachses verbessert das Schwadlüften die Trocknung des Strohes sehr effektiv.



Abbildung 10: Auflockerung des Schwades durch den Flachsschwadlüfter

Ist der gewünschte Röstgrad (8 bis 9, Vollröste) erreicht, muss beim Ernteverfahren der Langfaserlinie der Flachs mit einer Spezialpresse (Abbildung 11) geerntet werden.



Abbildung 11: Spezial-Flachsrundballenpresse beim Pressen von geröstetem Flachsstroh für die Langfaserlinie

Diese belässt die Flachsstängel in Parallellage und sichert durch zwischen den einzelnen Lagen des Ballens mitlaufende Bindegarnfäden das spätere exakte Abrollen der Rundballen in der Schwingerei. Die Spezial-Flachsrundballenpresse hat eine für die in Sachsen übliche großflächige Bewirtschaftung zu geringe Flächenleistung (Punkt 3. 5. 2, Tabelle 17). Der

Anschaffung einer größeren Stückzahl dieser nur für die Flachsernte nutzbaren Spezialpressen steht ein hoher Investitionsaufwand entgegen. Die so begrenzte Ernteleistung kann in regenreichen Jahren zur Überröste und zum Verderb eines Teils des Flachsstrohes führen. In Sachsen und den angrenzenden Bundesländern gibt es gegenwärtig keine Flachsschwingereien. Ein begrenzter Absatz von Langfaserflachs an Flachsschwingereien in der benachbarten Tschechischen Republik war aber in den vergangenen Jahren wiederholt möglich und zeichnet sich auch in der Zukunft ab. Das traditionelle Ernteverfahren der Langfaserlinie wird in Sachsen somit eine gewisse Bedeutung behalten, auch im Hinblick auf den möglichen Aufbau eines komplexen Flachs-anbau- und Verwertungszentrums.

Ernteverfahren der Wirrfaserlinie

Neue Anwendungsbereiche der Flachsfaser und innovative Verfahren der Erstverarbeitung des Flachstrohes zu Wirrfaser (z. B. in der Flachskurzfaseraufbereitungsanlage Voigtsdorf) führten dazu, dass die Parallellage der Flachsstängel im Erntegut nicht mehr erforderlich ist. Es kann auch Röstflachs in Wirrlage der Stängel verarbeitet werden. Dies ermöglichte die Entwicklung schlagkräftigerer Ernteverfahren, die das Ziel verfolgen, Flachsstroh in Wirrlage mit unterschiedlichen Qualitäten und Röstgraden für die Weiterverarbeitung in Kurzfasergewinnungs- und Aufbereitungsanlagen zu produzieren, in denen die gesamte im Flachsstroh enthaltene Faser zu Kurzfaser verarbeitet wird. Gute Kurzfaserqualitäten können durch weiteren Aufschluss (Cotonisierung) zu verspinnbarer Kurzfaser für den Einsatz in der Baumwollspinnlinie (Produktlinie verspinnbare Kurzfaser) aufbereitet werden. Große Kurzfasermengen sind im Bereich der Produktlinien Verbundwerkstoffe und Dämmstoffe/Geotextilien einsetzbar. In Sachsen wurden Varianten von Ernteverfahren der Wirrfaserlinie erprobt. Es kamen auch Erntemaschinen zum Einsatz, die sich im Entwicklungsstadium befanden, wie der Flachsvollernter von Claas (Abbildung 12).



Abbildung 12: Claas-Flachsvollernter bei der Ernte von geröstetem Flachsstroh

Diese Maschine kann jeweils drei Flachsröststrohschwade (Parallellage der Stängel) in einem Arbeitsgang aufnehmen, die Samen gewinnen, die Flachsfaser teilweise von den Schäben trennen (diese verbleiben auf dem Feld) und die Fasern mit Restschäbenanteil zu Quaderballen pressen (RÖHRICHT et al. 1997).

Auch der von der Universität Kiel (HEINEMANN 1995 u. 1997) entwickelte Flachs-Flamer (Abbildung 13) wurde im erzgebirgischen Flachsangebaugebiet erprobt.



Abbildung 13: Flachs-Flamer (Universität Kiel)

Das Gerät dient zur thermischen Wachstumsunterbrechung des stehenden Flachsbestandes mittels offener Gasflamme. Unmittelbar nach dem Einsatz stirbt der Flachs ab und es beginnt der Röstprozess des stehenden Flachsbestandes (Standröste). Nach Erreichung des gewünschten Röstgrades kann der Flachs gemäht oder gerauft und anschließend geschwadet und gepresst werden. Die Weiterentwicklung von Flachsvollernter und Flachs-Flamer wird von den Herstellern auf Grund der geringen Anbaufläche nicht weiter verfolgt.

Eine weitere, von Landwirten vorangetriebene Verfahrensentwicklung integrierte bewährte Erntemaschinen des Futterbaus in die Flachsernte. Ein solches Verfahren stellt das in Sachsen entwickelte „Voigtsdorfer Flachsernteverfahren“ (SCHULZ et al., 1995; SCHULZ et al. 1996; RÖHRICHT et al., 1997)

Voigtsdorfer Flachsernteverfahren

Das Voigtsdorfer Verfahren dient zur Gewinnung gleichmäßig gerösteten Flachsstrohes in Wirrlage für die Weiterverarbeitung zu cotonisierter (verspinnbarer) Kurzfaser oder hochwertiger technischer Faser z. B. für die Herstellung von Verbundwerkstoffen. Im Vergleich zum traditionellen Verfahren verwendet das Voigtsdorfer Verfahren weniger Spezialmaschinen. Auf den Einsatz von Raufmaschine und Flachswendemaschine (alternativ Riffelwendemaschine), die nach der Bearbeitung eine gleichmäßige Ablage bei Parallellage der Stängel garantieren (analog zum traditionellen Ernteverfahren), kann im Interesse einer gleichmäßigen Röste und hohen Qualität des Röststrohes nicht verzichtet werden. Die Riffel-Wende-Maschine wird im Anbaugebiet Erzgebirge im Rahmen des Voigtsdorfer Flachsernteverfahrens jedoch wenig genutzt, weil die Samen auch in der stationären Verarbeitungsanlage gewonnen werden können. Der Einsatz des Schwadlüfters wenige Stunden vor dem Zusammenschwaden von jeweils zwei bis vier (abhängig von Ertrag und Leistungsfähigkeit der Presse) Parallelschwaden zu einem großen Wirrschwad ist im Interesse einer schnellen Abtrocknung des Erntegutes auch beim Voigtsdorfer Verfahren anzuraten. Das Schwaden der Parallelschwade zum Wirrschwad erfolgt mit Einstern-Kreiselschwadern, die in den landwirtschaftlichen Unternehmen auch zur Heuernte eingesetzt werden.



Abbildung 14: traktorgezogene Quaderballenpresse beim Pressen von Flachswirrstroh
 Zur Bergung des gerösteten, geschwadeten Flachswirrstrohes finden in den Landwirtschaftsbetrieben leistungsfähige Strohpressen, vor allem Quaderballenpressen (Abbildung 14) Verwendung.



Abbildung 15: selbstfahrende Quaderballenpresse bei der Flachsernte

Auch der Einsatz selbstfahrender Pressen (Abbildung 15), die eine noch höhere Flächenleistung aufweisen, ist möglich. Der Einsatz leistungsstarker Pressen sichert, dass bei Erreichung des optimalen Röstgrades große Teile des Flachses innerhalb kurzer Zeit geerntet werden können. Das dadurch verminderte Ernterisiko und der geringere Investitionsaufwand (keine Spezialpressen) stellen die entscheidenden Vorteile des Voigtsdorfer Verfahrens dar. Es wird in Sachsen zur Ernte von Flach, der für die Verarbeitung zu verspinnbarer Kurzfaser

oder hochwertiger technischer Kurzfaser vorgesehen ist, nahezu ausschließlich angewandt. Mit dem Voigtsdorfer Verfahren hergestellte Flachsquaderballen lassen sich in der Flachskurzfaseraufbereitungsanlage Voigtsdorf optimal verarbeiten. Prinzipiell ist auch das Verpressen von Flachswirrstroh mit praxisüblichen Rundballenpressen denkbar, jedoch bereiten Rundballen dem in der Erzgebirgischen Flachs GmbH Voigtsdorf installierten Ballenauflöser erhebliche Schwierigkeiten (MAY, 2000).

Mäh-Schwad-Technik

Das kostensparende und risikoarme Flachsernteverfahren der Mäh-Schwad-Technik kann zur Erzeugung von geröstetem Flachstroh dienen. Es beruht darauf, dass die Wachstumsunterbrechung des Flachses nicht durch raufen mit der Flachsraufmaschine, sondern durch einen Mähvorgang erfolgt. Es gliedert sich in die in Abbildung 7 genannten Verfahrensschritte. Abbildung 16 zeigt ein BCS-Balkenmäherwerk beim Mähen des Flachses.

Ein störungsfreier Mähvorgang ist nur bei nicht bzw. wenig lagernden Flachsbeständen gegeben. Die abgemähten Flachsstängel liegen dachziegelartig aufeinander. Deshalb ist ein Wenden bzw. Lüften des Schwades nicht möglich. Eine gleichmäßige Röste kann nicht gewährleistet werden. Wie beim Voigtsdorfer Verfahren wird auf das Riffeln des Flachses verzichtet, infolge des relativ frühen Mähzeitpunktes (ab 50 % Blattabfallsgrad) sind die Samen ohnehin oft nicht vollständig ausgereift. Nach Erreichen des gewünschten Röstgrades erfolgt, wie beim Voigtsdorfer Verfahren, das Schwaden des Flachses mittels Kreiselschwader und das Pressen mittels Quaderballenpresse. Das Ernterisiko ist durch den geringeren erforderlichen Röstgrad zum Erntezeitpunkt (geringe Gefahr der Überröste) und die schlagkräftige Bergung des Flachsstrohes relativ gering. Auch die Verfahrenskosten liegen durch den vollständigen Verzicht auf Spezialmaschinen deutlich unter denen anderer Ernteverfahren.



Abbildung 16: Traktor mit Heckenbaummäherwerk beim Mähen von Flachs

Material, das nach diesem Ernteverfahren gewonnen wird, eignet sich für die Herstellung von Dämmstoffen und Geotextilien.

3.5.2 Kosten und Leistung der Ernteverfahren

In Tabelle 17 sind die von den vorgestellten Ernteverfahren verursachten Verfahrenskosten und die Flächenleistungen bei der Aberntung gegenübergestellt

Tabelle 17: Verfahrenskosten der Ernte einschließlich Transport und Einlagerung sowie Hektarleistung bei der Flachsstrohbergung (RÖHRICHT et al. 1997)

Ernteverfahren	Kosten Ernte, Transport, Einlagerung (DM/ha)	Leistung einer Presse bei Röststrohbergung (ha/Std.)
Langfaserlinie (traditionelles Verfahren, mit Riffeln auf dem Feld)	935	0,5 - 0,8
Voigtsdorfer Verfahren (ohne Riffeln auf dem Feld)	722	2,0 - 2,5
Mäh-Schwad-Technik	572	2,0 - 2,5

Die Tabelle verdeutlicht, dass die Flachsernte nach dem Prinzip der Langfaserlinie am kostenintensivsten und infolge der geringen Bergungsleistung auch am risikoreichsten ist. Das bewährte, in Sachsen für die Gewinnung von Flachswirrstroh für die Produktlinien verspinnbare Kurzfasern und hochwertige technische Kurzfasern überwiegend angewandte Voigtsdorfer Verfahren hat den Vorteil einer hohen Schlagkraft bei der Ernte, da ausreichend leistungsfähige Pressentechnik vorhanden ist. Durch die Mäh-Schwad-Technik wird die Ernte von Flachs für technische Einsatzgebiete mit geringeren Qualitätsanforderungen (Produktlinie Dämmstoffe und Geotextilien) bei weiter verringertem Ernterisiko noch kostengünstiger.

3.6 Wirtschaftlichkeit des verwendungsorientierten Flachsbaus

Bei nachfolgenden Deckungsbeitrags-Rechnungen wird von mittleren Röststroherträgen, produktlinienspezifischen Strohverkaufspreisen und der zu erwartenden EU-Flachsbeihilfe (Wirtschaftsjahr 1999/2000) ausgegangen. Der Deckungsbeitragsrechnung liegen folgende Kosten und Einnahmen zugrunde:

Anbaukosten

Flachs für hohe und mittlere Qualitätsansprüche (Produktlinien Langfaser, verspinnbare Kurzfasern, Verbundwerkstoffe):

Bestellung, Ausbringung	250,- DM/ha
Saatgut 100 kg/ha x 3,- DM/kg	300,- DM/ha
Dünger	120,- DM/ha
Pflanzenschutzmittel 1,5 l Extoll/ha	55,- DM/ha

gesamt: 725,- DM/ha

Flachs für geringere Qualitätsansprüche (Produktlinie Dämmstoffe und Geotextilien, evtl. chem. Faseraufschluss):

Bestellung, Ausbringung	250,- DM/ha
Saatgut 80 kg/ha x 2,50 DM/kg	200,- DM/ha
Dünger	100,- DM/ha
Pflanzenschutzmittel 30 g Concert/ha	30,- DM/ha

gesamt: 580,- DM/ha

Kosten für Ernte, Transport und Einlagerung

Produktlinie Langfaser	935,- DM/ha
Produktlinien verspinnbare Kurzfasern und Verbundwerkstoffe	722,- DM/ha
Produktlinie Dämmstoffe und Geotextilien	572,- DM/ha

Kosten für Lagerung (alle Produktlinien) 160,- DM/ha

Einnahmen

Verkaufserlöse bei verschiedenen Produktlinien:

Röststroh für Langfasergewinnung, 60 dt Röststroh/ha x 0,20 DM/kg traditionelles Ernteverfahren der Langfaserlinie	1200, - DM/ha
Röststroh für verspinnbare Kurzfaser, 60 dt Röststroh/ha x 0,22 DM/kg Voigtsdorfer Flachsernteverfahren	1350, - DM/ha
Röststroh für Verbundwerkstoffe, 60 dt Röststroh/ha x 0,16 DM/kg Voigtsdorfer Flachsernteverfahren	960, - DM/ha
Röststroh für Dämmstoffe, Geotextilien, 60 dt x 0,12 DM/kg Ernteverfahren Mäh-Schwad-Technik	720, - DM/ha
EU-Flachsbeihilfe (Wirtschaftsjahr 1999/2000):	
Langfaserlinie (mit Riffeln des Flachses auf dem Feld)	1556,- DM/ha
Mäh-Schwad-Technik, Voigtsdorfer Verfahren (ohne Riffeln des Flachses auf dem Feld)	1350,- DM/ha

Bei Annahme dieser Daten ergeben sich folgende Deckungsbeiträge (Tabelle 18):

Tabelle 18 : Deckungsbeiträge bei verwendungsspezifischem Flachsanbau

Produktlinie	Kosten (DM/ha)			Erlöse (DM/ha)			Deckungsbeitrag (DM/ha)
	Anbau	Ernte, Transport, Lagerung	gesamt	Strohverkauf	Flachsbeihilfe (WJ 99/00)	gesamt	
Langfaser	725	1095	1820	1200	1556	2756	936
verspinnbare Kurzfaser	725	882	1607	1320	1350	2670	1063
Verbundwerkstoffe	725	882	1607	960	1350	2310	703
Dämmstoffe Geotextilien	580	732	1312	720	1350	2070	758

Die durch verwendungsspezifischen Flachsanbau für die Produktlinien Langfaser und verspinnbare Flachskurzfasern erzielbaren Deckungsbeiträge sind mit denen von Marktfruchtgetreide (etwa 750 - 1000 DM/ha) konkurrenzfähig, sofern dessen Anbau auf typischen Flachsstandorten (Vor- und Mittelgebirgslagen) erfolgt. Mit Anbau von Flachs für die Herstellung qualitativ hochwertiger technischer Kurzfasern lässt sich ein Deckungsbeitrag erwirtschaften, der geringfügig unter dem von Marktfruchtgetreide liegt. Auch der Anbau mit dem ausschließlichen Ziel der Erzeugung von Flachs für die Dämmstoff- bzw. Geotextilherstellung ist wirtschaftlich wenig attraktiv. Bei einer zu erwartenden verstärkten Nachfrage nach Naturfasern könnte auch der Flachsstrohpreis anziehen. Die durch Flachsanbau erzielbaren Deckungsbeiträge würden dann deutlich steigen und die Wettbewerbsfähigkeit dieser Faserpflanze gegenüber anderen Marktfrüchten verbessern. Eine weitere Möglichkeit der Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit besteht darin, die Erstverarbeitung der Faserpflanzen im Bereich der Landwirtschaft anzusiedeln und von der damit verbundenen höheren Wertschöpfung zu profitieren. Auch die dadurch mögliche bessere Vermarktung der in großen Mengen anfallenden Flachsschäben würde sich positiv auswirken. Die Wettbewerbsfähigkeit des Flachsbaus einschließlich Erstverarbeitung im

Bereich der Landwirtschaft gegenüber dem Marktfruchtgetreideanbau bei erwarteten Rahmenbedingungen des Wirtschaftsjahres 2006 (Endstufe der Reform der Faserpflanzenbeihilfe) ist in Abschnitt 5 dargestellt.

3.7 Empfehlungen zu verwendungsorientierten Anbau- und Ernteverfahren für Flachs

Ausgehend von den dargestellten Ergebnissen und unter Einbeziehung aller bei der Bearbeitung des vorliegenden Projektes und des Vorgängerprojektes gewonnenen Erkenntnisse können die in Tabelle 19 ersichtlichen Empfehlungen zu verwendungsorientierten Anbau- und Ernteverfahren für Flachs gegeben werden.

Tabelle 19: Empfehlungen zu Sortenwahl, Unkrautbekämpfungs- und Ernteverfahren, optimalen Raufterminen und Röstgraden für die verwendungsorientierte Flachsroststroherzeugung

	Langfaser	verspinnbare Kurzfaser	Verbundwerkstoffe	Dämmstoffe, Geotextilien
Sorten und Sortenmischungen aktuelle Zulassungssituation beachten!	Ariane, Elektra, Hermes, Marylin, Liflax, Sortenmischung Viola+Laura	Argos, Ariane, Elektra, Elise, Hermes, Ilona, Laura, Marylin, Opaline, Liflax, Viking, Sortenmischung Viola+Laura	Argos, Ariane, Elektra, Elise, Hermes, Ilona, Laura, Marylin, Opaline, Liflax, Viking, Sortenmischung Viola+Laura	Argos, Ariane, Elektra, Elise, Hermes, Ilona, Laura, Marylin, Opaline, Liflax, Viking, Sortenmischung Viola+Laura, Ölleinsorten (Koppelprodukt)
Varianten der Unkrautbekämpfung Unkrautspektrum und Herbizidzulassung beachten!	1,5 l Extoll/ha 30 g Concert/ha 25 g Lexus XPE/ha ?, (1,5 l Basagran + 15 g Gropper/ha) Hackstriegel*	1,5 l Extoll/ha 30 g Concert/ha 25 g Lexus XPE/ha ?, (1,5 l Basagran + 15 g Gropper/ha)	1,5 l Extoll/ha 30 g Concert/ha 25 g Lexus XPE/ha ? Hackstriegel*	30 g Concert/ha Hackstriegel*
optimaler Rauf- bzw. Mähtermin	60 – 70 % Blattabfall	50 – 60 % Blattabfall	60 – 70 % Blattabfall	ab 50 % Blattabfall
optimaler Röstgrad	8 - 9	8 - 9	7 - 9	5 - 9
geeignete Ernteverfahren	nur traditionelles Verfahren	Voigtsdorfer Verfahren	Voigtsdorfer Verfahren	Mäh-Schwad-Technik

* = bedingt geeignet, nur auf unkrautarmen Flächen und trockener Witterung, ? = abhängig vom z. Z. unbekanntem Preis, () = teure Variante, nur bei Auftreten v. Klettenlabkraut

Die Empfehlungen sollen dazu beitragen, hohe, stabile Flachsstroherträge zu erreichen, die Ernte zu staffeln, das Ernterisiko zu minimieren und die von Verarbeitern verschiedener Produktlinien erwarteten Qualitäten mit minimiertem Kostenaufwand zu sichern.

Weitere Voraussetzung für die Erreichung dieses Zieles ist der Anbau in Gebieten mit für Flachs optimalen bodenklimatischen Bedingungen. Diese sind in Sachsen vor allem auf niederschlagsreichen Verwitterungsstandorten des Erzgebirges (bis ca. 750 m ü. NN) und in den höheren Lagen des Vogtlandes sowie der Oberlausitz gegeben.

4 Untersuchungsergebnisse Hanf

Der Hanf ist die zweite bedeutende Faserpflanze des gemäßigten Klimaraumes. Er wurde wie der Flachs durch das Aufkommen preiswerter, technisch gut verarbeitbarer Synthefasern vom Markt verdrängt. Darüber hinaus ließ ein langjähriges Anbauverbot die Pflanze fast vollständig in Vergessenheit geraten. Nur in einigen wenigen Ländern wie Frankreich, Ungarn, Rumänien, Russland und der Ukraine wurde der Hanfanbau weiter praktiziert und eine züchterische und technologische Weiterentwicklung vorgenommen. Nach Aufhebung des Anbauverbotes setzte in Deutschland eine Wiederbelebung des Hanfanbaus ein. Gleichzeitig wurden ähnlich wie beim Flachs neue Wege in der Aufbereitung und Verarbeitung der Fasern eingeschlagen.

Im Freistaat Sachsen sind in den Jahren 1996 bis 1999 anbautechnische Untersuchungen zum Hanf mit folgenden Schwerpunkten durchgeführt worden:

- Anbauwürdigkeit und Qualitätseigenschaften europäischer Hanfsorten unter den bodenklimatischen Bedingungen sächsischer Standorte
- verwendungsorientierte Optimierung von Saatstärke, Stickstoffdüngung und Erntezeitpunkt
- Stickstoffdynamik in Pflanze und Boden in Abhängigkeit von der N-Düngung
- erste Tastversuche zu Hanfernteverfahren
- Wirtschaftlichkeit des Hanfanbaus

4.1 Sortenprüfungen auf verschiedenen Standorten

In den Jahren 1997 bis 1999 wurden jährlich acht Hanfsorten (Tabelle 20) an bodenklimatisch unterschiedlichen sächsischen Standorten (Nossen, Forchheim/Erzgebirge und Gebelzig/Oberlausitz) geprüft. Die bodenklimatischen Bedingungen der Versuchsstandorte, die einen Großteil der potentiellen sächsischen Faseranbaugebiete abdecken, zeigt Tabelle 2.

Tabelle 20: 1997 bis 1999 im Rahmen des Projektes geprüfte Hanfsorten, deren Herkunft sowie aktuelle EU-Zulassungssituation (Mai 2000)

Sorte	Herkunftsland	EU-Zulassung Wirtschaftsjahr (WJ) 1999/2000
Fasamo	Deutschland	ja
Fedora 19	Frankreich	ja, erlischt voraussichtlich ab WJ 2001/02
Fedrina 74	Frankreich	ja
Felina 34	Frankreich	ja
Ferimon	Frankreich	ja
Futura	Frankreich	ja
Kompolti	Ungarn	ja
Lovrin 110	Rumänien	ja
USO 11	Ukraine	nein
USO 31	Ukraine	ja

Versuchsdurchführung

Die Sortenversuche sind als Blockanlagen mit vier Wiederholungen je Sorte und Parzellengrößen von 12 m² angelegt worden. Der Aussaattermin lag in Abhängigkeit von Standort und Jahreswitterung Ende April bis Mitte Mai. Die Saatstärke betrug 60 kg/ha. Zur Absicherung des Nährstoffbedarfs sind vor der Aussaat 60 kg N, 80 kg P₂O₅ und 100 kg K₂O gedüngt worden. Am Standort Nossen erfolgte 1999 wegen sehr hoher Bodennährstoffgehalte keine PK-Düngung. Eine Unkrautbekämpfung war in keinem Fall notwendig. Ernte, Ertragsermittlung und Entnahme von Proben für spätere Qualitätsuntersuchungen wurden

durchgeführt, nachdem bei der Mehrzahl der Sorten über die Hälfte der Samen ausgereift war. Den Fasergehalt und ausgewählte Qualitätsmerkmale der technischen Fasern (Reißfestigkeit, Dehnbarkeit, Feinheit) bestimmte das Sächsische Textilforschungsinstitut Chemnitz.

Nach dem vollständigen Auflaufen der Pflanzen und unmittelbar vor der Ernte wurde die Bestandesdichte erfasst. Im erntereifen Bestand sind die Wuchshöhe, der Stängeldurchmesser bei halber Wuchshöhe und der Stängeltrug (ohne Blätter und Samen) bestimmt worden. Weiterhin wurden der Fasergehalt der Hanfstängel, der Faserertrag, wichtige Faserqualitätsmerkmale und das Reifeverhalten der Hanfsorten untersucht. Bei einigen Sorten war auf Grund der sich ändernden Zulassungsbestimmungen keine vollständige Prüfung über die Jahre möglich. Die Prüfung der Sorte USO 11 erfolgte nur 1997, da 1998 keine Chancen für die Zulassung als EU-Sorte mehr bestanden. Dafür wurde Ferimon in das Untersuchungsprogramm aufgenommen. Fedora 19 kam 1998 letztmalig zum Versuchsanbau, da seit 1999 bekannt ist, dass diese Sorte ab Wirtschaftsjahr 2001/2002 voraussichtlich die EU-Zulassung verlieren wird. Fedora 19 wurde durch Futura ersetzt. Somit liegen für einige Sorten nur ein- bzw. zweijährige Ergebnisse vor.

Ergebnisse

Wuchshöhe und Stängeldurchmesser

Im Sortenvergleich erreichten die aus dem südosteuropäischen Raum stammenden zweihäusigen Sorten Kompolti und Lovrin die größten Wuchshöhen, gefolgt von den einhäusigen (im wesentlichen nur weibliche Pflanzen ausbildenden) französischen Sorten Fedora 19 und Fedrina 74. Die ukrainische Sorte USO 31, vor allem aber die deutsche Sorte Fasamo bleiben gegenüber dem Sortendurchschnitt beim Merkmal Wuchshöhe, Fasamo auch beim Stängeldurchmesser deutlich zurück (Tabellen 21 und 22).

Tabelle 21: Wuchshöhen (cm) von Hanfsorten in Nossen, Gebelzig und Forchheim, 1997 bis 1999, jeweils zum Erntezeitpunkt

Sorten	Prüfjahre	Nossen	Gebelzig	Forchheim	Mittel Standorte
Fasamo	3	193,4	185,1	181,7	186,7
Fedora 19	2	245,6	191,9	269,5	235,7
Fedrina 74	3	245,6	221,8	239,3	235,6
Felina 34	3	230,5	210,6	232,1	224,4
Ferimon	2	233,5	224,0	206,0	221,1
Futura	1	223,7	257,9	148,0	209,9
Kompolti	3	264,4	243,1	262,9	256,8
Lovrin 110	3	250,2	223,4	248,8	240,8
USO 11	1	217,3	192,6	242,5	217,5
USO 31	3	206,1	198,8	208,9	204,6
Sortenmittel		231,0	214,9	224,0	223,3
Sortenmittel relativ		103,4	96,2	100,3	100,0

Die in Forchheim ermittelten großen Stängeldurchmesser sind eine Folge der dort wegen niedriger Feldaufgangsraten beobachteten geringen Bestandesdichten.

Tabelle 22: Stängeldurchmesser (bei halber Wuchshöhe, mm) von Hanfsorten in Nossen, Gebelzig und Forchheim, 1997 bis 1999, jeweils zum Erntezeitpunkt

Sorten	Prüfjahre	Nossen	Gebelzig	Forchheim	Mittel Standorte
Fasamo	3	4,97	5,15	6,53	5,55
Fedora 19	2	6,02	4,83	9,58	6,81
Fedrina 74	3	6,30	5,83	6,51	6,21
Felina 34	3	5,78	5,38	7,99	6,38
Ferimon	2	6,07	6,27	7,76	6,70
Futura	1	6,48	7,26	5,18	6,31
Kompolti	3	6,58	5,96	6,91	6,48
Lovrin 110	3	6,58	6,65	8,97	7,40
USO 11	1	6,25	5,05	8,39	6,56
USO 31	3	6,06	5,93	8,32	6,77
Sortenmittel		6,11	5,83	7,61	6,52
Sortenmittel relativ		93,7	89,4	116,7	100,0

Stängel- und Faserertrag der Sorten

In den Tabellen 23 und 24 wird deutlich, dass im Mittel des dreijährigen Untersuchungszeitraumes sowohl zwischen den Sorten als auch zwischen den Standorten erhebliche Unterschiede bei Stängel- und Fasererträgen zu beobachten waren.

Tabelle 23: Stängelerträge, ungeröstet, ohne Blätter und Samen (lufttrocken, dt/ha) von Hanfsorten in Nossen, Gebelzig und Forchheim, 1997 bis 1999

Sorten	Prüfjahre	Nossen	Gebelzig	Forchheim	Mittel Standorte
Fasamo	3	75,01	66,82	45,76	62,53
Fedora 19	2	136,66	122,06	120,04	126,25
Fedrina 74	3	147,70	131,67	114,41	131,26
Felina 34	3	122,86	122,26	104,72	116,61
Ferimon	2	114,59	104,28	84,76	103,21
Futura	1	114,06	124,66	89,83	109,52
Kompolti	3	158,15	144,24	130,47	144,29
Lovrin 110	3	136,11	120,44	106,88	121,14
USO 11	1	116,81	124,14	103,08	114,68
USO 31	3	90,23	86,92	66,97	81,37
Sortenmittel		121,22	114,75	96,69	110,89
Sortenmittel relativ		109,3	103,5	87,7	100,0

Die höchsten Stängelерträge erreichte der Hanf auf dem relativ warmen Lößstandort Nossen, während auf dem nährstoffärmeren und weniger speicherfähigen D -Standort Gebelzig, vor allem aber auf dem kühlen V - Standort Forchheim deutlich geringere Erträge ermittelt wurden. Bei den Fasererträgen schnitt der Standort Gebelzig am besten ab. Ursache dafür sind die an diesem Standort gemessenen deutlich höheren Fasergehalte der Hanfstängel im Vergleich zum Versuchsort Nossen (vergl. Tabelle 27).

Tabelle 24: Durchschnittliche Fasererträge (dt/ha) von Hanfsorten in Nossen, Gebelzig und Forchheim, 1997 bis 1999

Sorten	Prüfjahre	Nossen	Gebelzig	Forchheim	Mittel Standorte
Fasamo	3	16,48	14,85	9,70	13,68
Fedora 19	2	28,94	30,48	27,16	28,86
Fedrina 74	3	34,55	32,60	27,95	31,70
Felina 34	3	29,45	32,89	26,12	29,49
Ferimon	2	29,36	30,64	22,10	27,37
Futura	1	26,69	30,54	23,62	26,95
Kompolti	3	45,65	44,64	37,00	42,43
Lovrin 110	3	29,55	28,45	23,38	27,13
USO 11	1	29,20	39,79	27,76	32,25
USO 31	3	26,11	26,46	20,20	24,26
Sortenmittel		29,60	31,13	24,50	28,41
Sortenmittel relativ		104,2	109,6	86,6	100,0

Die Hanfsorten wurden standortbezogen entsprechend ihrer Ertragsfähigkeit eingestuft, wobei jedes Anbaujahr separat betrachtet wird. Der Sorte mit dem jahresbezogen höchsten Stängelertrag (Tabelle 25) bzw. Faserertrag (Tabelle 26) wurde jeweils Rangplatz 1 und der schwächsten Sorte Rangplatz 8 zugeordnet. Dadurch wird ein Vergleich der Sortenleistungen unter den spezifischen Bedingungen des Einzeljahres und des Standortes möglich.

Die Tabellen 25 und 26 belegen die hohe Leistungsfähigkeit der Sorte Kompolti hinsichtlich des Stängel- und Faserertrages an allen Standorten. Auch Fedrina 74, Lovrin 110 und Futura erreichten hohe Stroherträge. Beim Faserertrag zeigten neben Kompolti auch die Sorten Fedrina 74 und USO 11 sehr gute Ergebnisse. Die als frühreifende Kombinationssorte für Faser- und Samennutzung ausgewiesene Fasamo konnte bei Stängel- und Faserertrag nicht überzeugen und nur letzte Plätze erreichen. Den vorletzten Platz nahm die frühreifende Sorte USO 31 ein. Alle anderen Sorten bewegten sich im mittleren Ertragsbereich.

Tabelle 25: Einstufung der Hanfsorten nach der Höhe des Stängeltrages (lufttrocken, ohne Blätter und Samen), Sortenversuche Nossen, Gebelzig und Forchheim, 1997 bis 1999

Rangplatz	1997	1998	1999
Sortenversuch Nossen			
1	Kompolti	Kompolti	Kompolti
2	Fedrina 74	Fedrina 74	Lovrin 110
3	Lovrin 110	Lovrin 110	Futura
4	Felina 34	Felina 34	Fedrina 74
5	Fedora 19	Fedora 19	Felina 34
6	USO 11	Ferimon	Ferimon
7	USO 31	USO 31	USO 31
8	Fasamo	Fasamo	Fasamo
Sortenversuch Gebelzig			
1	Kompolti	Kompolti	Futura
2	Fedrina 74	Fedrina 74	Fedrina 74
3	Lovrin 110	Felina 34	Kompolti
4	Felina 34	Fedora 19	Lovrin 110
5	Fedora 19	Lovrin 110	Felina34
6	USO 11	Ferimon	Ferimon
7	USO 31	USO 31	USO 31
8	Fasamo	Fasamo	Fasamo
Sortenversuch Forchheim			
1	Kompolti	Fedrina 74	Kompolti
2	Fedrina 74	Kompolti	Lovrin 110
3	Lovrin 110	Fedora 19	Futura
4	Fedora 19	Felina 34	Felina 34
5	Felina 34	Lovrin 110	Fedrina 74
6	USO 11	Ferimon	Ferimon
7	USO 31	USO 31	USO 31
8	Fasamo	Fasamo	Fasamo

Tabelle 26: Einstufung der Hanfsorten nach der Höhe des Faserertrages, Sortenversuche Nossen, Gebelzig und Forchheim, 1997 bis 1999

Rangplatz	1997	1998	1999
Sortenversuch Nossen			
1	Kompolti	Kompolti	Kompolti
2	Fedrina 74	Fedrina 74	Fedrina 74
3	USO 11	Felina 34	Lovrin 110
4	Felina 34	Lovrin 110	Futura
5	Lovrin 110	USO 31	Ferimon
6	Fedora 19	Ferimon	Felina 34
7	USO 31	Fedora 19	USO 31
8	Fasamo	Fasamo	Fasamo
Sortenversuch Gebelzig			
1	Kompolti	Kompolti	Fedrina 74
2	USO 11	Felina 34	Kompolti
3	Felina 34	Fedrina 74	Futura
4	USO 31	Fedora 19	Ferimon
5	Fedrina 74	Ferimon	Felina 34
6	Lovrin 110	Lovrin 110	Lovrin 110
7	Fedora 19	USO 31	USO 31
8	Fasamo	Fasamo	Fasamo
Sortenversuch Forchheim			
1	Kompolti	Kompolti	Kompolti
2	Fedrina 74	Fedrina 74	Futura
3	USO 11	Felina 34	Felina 34
4	Lovrin 110	Fedora 19	Lovrin 110
5	Felina 34	Ferimon	Fedrina 74
6	Fedora 19	USO 31	Ferimon
7	USO 31	Lovrin 110	USO 31
8	Fasamo	Fasamo	Fasamo

Fasergehalt und Faserqualitätsmerkmale

In Tabelle 27 sind die Fasergehalte der Hanfsorten (im Mittel der Jahre) an den Versuchsstandorten Nossen, Gebelzig und Forchheim dargestellt. Auf den stickstoffärmeren Standorten Gebelzig und Forchheim weisen die Hanfstängel höhere durchschnittliche Fasergehalte als am humusreicheren Standort Nossen auf. Die Annahme, dass ein erhöhtes Stickstoffangebot den Fasergehalt des Hanfstängels mindert, kann durch vorliegende Untersuchungsergebnisse zum Einfluss der Stickstoffdüngung (Punkt 4. 4) bestätigt werden.

Die Sorte USO 31 hat den höchsten Fasergehalt. Er liegt im Durchschnitt der Standorte um 9 Prozent über dem Sortenmittel. Ebenfalls hohe Fasergehalte weisen Kompolti, USO 11 und Ferimon auf.

Tabelle 27: Fasergehalte (% der entlaubten Stängelmasse) von Hanfsorten in Nossen, Gebelzig und Forchheim, Mittel der Untersuchungsjahre

	Nossen	Gebelzig	Forchheim	Mittel Standorte
Fasamo	21,87	22,28	21,57	21,91
Fedora 19	21,20	25,15	22,72	23,02
Fedrina 74	23,65	24,98	24,13	24,25
Felina 34	24,30	26,88	25,36	25,51
Ferimon	26,30	29,45	26,90	27,55
Futura	23,40	24,50	26,30	24,73
Kompolti	28,62	30,55	28,43	29,20
Lovrin 110	21,77	23,77	22,07	22,54
USO 11	25,00	32,05	26,93	27,99
USO 31	28,85	30,32	30,19	29,79
Sortenmittel	24,50	26,99	25,46	25,65
Sortenmittel relativ	99,6	105,2	99,3	100,0

Die Versuchsorte unterscheiden sich bezüglich der Hanffaserfestigkeiten nur wenig. Die Faserfestigkeitsunterschiede zwischen den Sorten sind deutlicher ausgeprägt (Tabelle 28).

Tabelle 28: Durchschnittliche Faserfestigkeit (Reißkraft in cN/tex) von Hanfsorten in Nossen, Gebelzig und Forchheim, 1997 bis 1999

	Nossen	Gebelzig	Forchheim	Mittel Standorte
Fasamo	43,9	40,6	41,4	42,0
Fedora 19	32,1	44,3	29,1	35,2
Fedrina 74	43,3	38,1	38,4	39,9
Felina 34	43,7	40,6	41,0	41,8
Ferimon	40,4	34,5	37,7	37,5
Futura	45,3	33,4	56,4	45,0
Kompolti	33,1	36,4	37,1	35,6
Lovrin 110	39,6	39,2	38,5	39,1
USO 11	36,9	33,7	33,4	34,7
USO 31	36,3	36,5	37,4	36,7
Sortenmittel	39,5	37,7	39,0	38,7
Sortenmittel relativ	102,1	97,4	100,8	100,0

Die beobachteten Festigkeitswerte sind stark jahresabhängig, wobei in Jahren mit höherem Ertragsniveau tendenziell geringere Festigkeiten zu verzeichnen sind. Im Durchschnitt zeigen die Fasern der geprüften Hanfsorten geringere Festigkeitswerte als die der geprüften Faserleinsorten (40 – 56 cN/tex, vergleiche Tabelle 4). Andere Versuchsansteller berichten, dass bei gleicher Einspannlänge, aber geringerer Zuggeschwindigkeit, bei Flachs Reissfestigkeitswerte von 62 cN/tex und bei Hanf von 74 cN/tex erreicht wurden (AUTOREN-KOLLEKTIV, 1996). Diese Spitzenwerte sind in den Sortenversuchen nicht erzielt worden.

Die vorliegenden Faserfestigkeitswerte aller Hanfsorten erlauben den Einsatz vorrangig im Dämmstoff- und Geotextilbereich. Für die Herstellung von Verbundwerkstoffen sind höhere Festigkeiten vorteilhaft (KOHLER u. KESSLER, 1998 b; HEIER et al., 1998; MIECK u. REUßMANN, 1998). Die in den Sortenversuchen gemessenen Festigkeiten liegen im unteren Bereich der für die Verbundwerkstoffherstellung geforderten Werte. Deshalb sollten bei der Verarbeitung zu Verbundwerkstoffen vorrangig Sorten mit vergleichsweise hohen Faserfestigkeiten (Felina 34, nach weiterer Prüfung evtl. Futura) angebaut werden.

Die in Tabelle 29 dargestellten, in den Jahren 1997 und 1998 ermittelten Faserfeinheitswerte belegen, dass Hanf aus sächsischem Anbau tendenziell schlechtere Feinheiten erreicht als Flachs (vergl. Tabelle 4). Allerdings ist das angewandte Prüfverfahren für eine differenzierte Feinheitsprüfung bei Hanf wenig geeignet (s. Punkt 2. 4). Die vorliegenden Ergebnisse zur Faserfeinheit können insofern nur ein grober Anhaltspunkt sein. 1999 wurden keine weiteren Untersuchungen zur Faserfeinheit bei Hanf vorgenommen. Das insgesamt niedrige Niveau der Faserfeinheit lässt den Schluss zu, dass Hanffasern in erster Linie für technische Einsatzbereiche prädestiniert sind. Eine textile Verwendung erfordert eine intensive mechanisch-biologische oder chemische Behandlung (z. B. Dampfdruckaufschluss) der Fasern.

Tabelle 29: Durchschnittliche Faserfeinheit (IFS-Index) der geprüften Hanfsorten an den Versuchsorten Nossen, Gebelzig und Forchheim, 1997 und 1998

	Nossen	Gebelzig	Forchheim	Mittel Standorte
Fasamo	174,3	110,05	160,46	148,26
Fedora 19	177,0	190,86	240,43	202,76
Fedrina 74	157,40	156,56	237,78	183,91
Felina 34	138,26	185,75	207,43	177,15
Ferimon	198,58	252,66	295,26	248,81
Kompolti	162,16	178,16	239,47	193,26
Lovrin 110	219,64	166,34	203,75	196,58
USO 11	167,24	192,18	213,13	190,85
USO 31	258,68	195,67	238,02	230,79
Sortenmittel	183,69	180,91	226,19	196,93
Sortenmittel relativ	93,3	91,9	114,9	100,0

Hanffasern besitzen eine geringe Elastizität (Dehnung). Während Baumwollfasern eine Dehnfähigkeit von 8 bis 12 Prozent aufweisen, liegt sie bei Hanf wie auch bei Flachs nur zwischen 2 und 4 Prozent. Dies ist im textilen Einsatzbereich nachteilig. Für Verbundwerkstoffe ist die geringe Elastizität jedoch vorteilhaft. Da eine hohe Festigkeit aber oft mit hoher Dehnbarkeit einhergeht, lässt sich eine solche vorteilhafte Kombination nur mit wenigen Sorten (Kompolti und Fasamo) erreichen. Zwischen den geprüften Sorten bestehen insgesamt

nur geringe Unterschiede in der Dehnbarkeit. Überdurchschnittliche Werte (3 bis 4 Prozent) weisen die Sorten Fedora 19, Fedrina 74 und Felina 34 auf. Gleichfalls sind bei den Sorten USO 11 und USO 31 hohe Dehnwerte zu beobachten. Unter dem Sortendurchschnitt liegende Elastizitätswerte (< 3 % Dehnung) sind bei Fasamo, Ferimon und Futura festzustellen. Dabei ist zu beachten, dass die Standortbedingungen die Dehnung der Fasern gleichfalls beeinflussen. (Tabelle 30).

Tabelle 30: Durchschnittliche Dehnbarkeit (%) der Fasern von Hanfsorten in Nossen, Gebelzig und Forchheim, 1997 bis 1999

Sorten	Nossen	Gebelzig	Forchheim	Mittel Standorte
Fasamo	2,90	3,15	2,78	2,94
Fedora 19	2,69	4,00	3,04	3,24
Fedrina 74	3,04	3,60	3,31	3,32
Felina 34	2,96	3,66	3,35	3,32
Ferimon	2,86	3,47	3,10	3,14
Futura	2,36	2,66	3,72	2,91
Kompolti	2,70	3,56	2,94	3,07
Lovrin 110	3,04	3,58	2,78	3,13
USO 11	3,37	3,11	3,24	3,24
USO 31	3,13	3,68	3,13	3,31
Sortenmittel	2,90	3,44	3,14	3,16
Sortenmittel relativ	91,8	108,9	99,4	100,0

Reifeverhalten

Die EU-Beihilfeverordnung schreibt vor, dass Hanfbestände frühestens zum Zeitpunkt der Reife von mindestens 50 Prozent der Samen geerntet werden dürfen. Unter diesem Aspekt werden die Sorten danach gewertet, inwieweit sie bis zum 10. September (noch optimales Erntefenster für Faserhanf) diesen Grad der Ausreife erlangen (Tabelle 31).

Tabelle 31: Reifeverhalten (Ausreife von mindestens 50 Prozent der Samen bis 10. September) von Hanfsorten an verschiedenen sächsischen Standorten, 1997 bis 1999

	Nossen	Gebelzig	Forchheim
Fasamo	+	+	+
Fedora 19	+	+	0
Fedrina 74	0	0	-
Felina 34	+	+	0
Ferimon	+	+	0
Futura	(-)	(-)	(--)
Kompolti	--	--	--
Lovrin 110	-	-	--
USO 11	(+)	(+)	(+)
USO 31	+	+	+

+ sichere Ausreife; 0 Ausreife oft gegeben; - Ausreife selten; -- keine Ausreife;
() nur einjährige Ergebnisse

Danach reift die ertragsstärkste Sorte Kompolti unter den geprüften bodenklimatischen Bedingungen nicht aus. Auch die Ausreife der ertragreichen Sorten Lovrin 110 und Futura ist nicht in jedem Jahr gesichert. Am Standort Forchheim reifen nur die Sorten Fasamo und USO 31 (USO 11 ist nicht zugelassen) mit ausreichender Sicherheit aus. Der Hanfanbau in diesem Gebiet würde sich deshalb von vornherein auf Sorten mit geringem Faserertrag beschränken.

Samenertrag

Um für eine Kombinationsnutzung (Fasern und Samen) geeignete Sorten zu finden, ist auch die Samenertragsleistungen der geprüften Hanfsorten ermittelt worden (Tabelle 32). Während dies 1997 in Nossen und Gebelzig gelang, war 1998 an diesen Standorten vor allem bei den frühreifenden Sorten USO 11 und USO 31 zu beobachten, dass in Schwärmen auftretende Kleinvögel einen Teil der Samen direkt von den Pflanzen abfraßen. Ein weiterer, erheblicher Teil der Samen wurde durch die Vögel aus den Samenständen herausgeschlagen und fiel auf den Boden. Die Samenerträge der Sorten USO 11 und USO 14 wurden 1998 nicht in die Auswertung einbezogen. Die Ergebnisse der übrigen Sorten können nur als Orientierung dienen, da bei ihnen der Samenertrag – wenn auch in geringerem Maße – ebenfalls durch Vogelfraß beeinträchtigt wurde. Im Jahr 1999 erfolgte generell keine Samenertragsermittlung, da sich wiederum starke Fraßschäden abzeichneten. Gleiches trifft für die Hanfversuche in Forchheim zu. Unter den genannten Einschränkungen sind maximal Erträge von etwa 10 dt Samen/ha zu erwarten (französische und deutsche Sorten). Bei den geprüften südosteuropäischen Sorten Lovrin 110 und Kompolti ist unter unseren Klimabedingungen mit keinen nennenswerten Samenerträgen zu rechnen. Mit den ukrainischen Sorten USO 11 und USO 31 kann man etwa 8 dt Samen je Hektar ernten.

Tabelle 32: Samenerträge von Hanfsorten in Nossen und Gebelzig, 1997 und 1998

Sorten	Nossen			Gebelzig		
	1997	1998	1997/98	1997	1998	1997/98
Fasamo	11,67	7,42*	9,54	7,05	Vogelfraß	7,05
Fedora 19	12,14	11,02*	11,58	9,94	11,93*	10,94
Fedrina 74	10,42	6,59*	8,50	8,50	6,55*	7,52
Felina 34	9,55	8,40*	8,98	9,51	9,89*	9,70
Ferimon	kein Anbau	9,70*	(9,70)	kein Anbau	11,16*	(11,16)
Kompolti	1,54	unreif	0,77	1,88	unreif	0,94
Lovrin 110	5,14	3,47*	4,31	4,70	2,55*	3,62
USO 11	9,93	Vogelfraß	(9,93)	7,88	Vogelfraß	(7,88)
USO 31	7,10	Vogelfraß	(7,10)	8,17	Vogelfraß	(8,17)

* Vogelfraß nicht auszuschließen

() nur einjährige Ergebnisse

Der in den kleinflächigen Parzellenversuchen beobachtete Vogelfraß kann nicht auf die Verhältnisse beim großflächigen Anbau übertragen werden. Auf Großflächen ist mit wesentlich geringeren bzw. kaum nennenswerten Schäden zu rechnen.

4. 2 Eignung von Hanfsorten für verschiedene Einsatzgebiete

Auf der Grundlage der Kriterien Stängelertag, Faserertrag, Faserfestigkeit sowie Samenertrag wird eine komplexe Bewertung der Sorten hinsichtlich der Eignung zur Faser- und/oder Samennutzung vorgenommen. Die Sorten werden nach folgendem Bewertungsmaßstab eingestuft:

Stängeltrag: + = hoch, mindestens einmal Rangplatz 1 – 3, kein Rangplatz über 4

0 = mittel, kein Rangplatz über 6,

- = gering bzw. unsicher (mindestens einmal Rangplatz über 6)

Faserertrag: + = hoch, mindestens einmal Rangplatz 1 – 3, kein Rangplatz über 4

0 = mittel, kein Rangplatz über 6

- = gering bzw. unsicher (mindestens einmal Rangplatz über 6)

Faserfestigkeit: + = hoch (über 40 cN/tex); 0 = mittel (30 – 40 cN/tex),

- = gering (unter 30 cN/tex)

Samenertrag: + = hoch (über 10 dt/ha), 0 = mittel (6 – 10 dt/ha) - = gering (unter 6 dt/ha)

Außerdem wird das Reifeverhalten (Ausreife von mindestens 50 % der Samen bis zum 10. September) bewertet:

+ = sichere Ausreife; 0 = Ausreife oft gegeben, - = Ausreife selten, -- = keine Ausreife

Die Ergebnisse der komplexen Bewertung werden standortbezogen in den Tabellen 33 (Standort Nossen) und 34 (Standort Gebelzig) mitgeteilt.

Tabelle 33: Übersicht zur Eignung von Hanfsorten für die Faser- und Samengewinnung auf der Grundlage von Ertragsleistungen und Qualitätseigenschaften – Standort Nossen

Spalten-Nr. 1	2	3	4	5	6	7	8
Sorten	Stroh- ertrag	Faser- ertrag	Faser- festigkeit	Samen- ertrag	Aus- reife	Eignung für Einsatzgebiete	
						Fasern	Samen (zusätzlich)
Fasamo	-	-	+	0	+	-	-
Fedora 19#	0	-	0	+	+	-	+
Fedrina 74	+	+	+	0	0	+	0
Felina 34	0	0	+	0	+	0	+
Ferimon	0	0	+	0	+	0	+
Futura*	(+)	(0)	(+)	nicht ermittelt	(-)	(0)	(-)
Kompolti*	+	+	0	-	--	+	--
Lovrin 110*#	+	0	0	-	-	0	--
USO 11 (keine Zulassung)	(0)	(+)	(0)	(0)	(+)	(+)	(0)
USO 31	-	-	0	0	+	-	0

Fedora 19 und Lovrin 110: Zulassung ab Wirtschaftsjahr 2001/02 unsicher,

* durch späte Ausreife Hanfbeihilfe gefährdet!

() nur einjährige Ergebnisse

Tabelle 34: Übersicht zur Eignung von Hanfsorten für Produktlinien der Hanfverarbeitung auf der Grundlage von Ertragsleistungen und Qualitätseigenschaften – Standort Gebelzig

Spalten-Nr. 1	2	3	4	5	6	7	8
Sorten	Stroh- ertrag	Faser- ertrag	Faser- festigkeit	Samen- ertrag	Aus- reife	Eignung für Einsatzgebiete	
						Fasern	Samen (zusätzlich)
Fasamo	-	-	+	0	+	-	-
Fedora 19 #	0	-	+	+	+	-	+
Fedrina 74	+	0	0	0	0	0	0
Felina 34	0	0	+	0	+	0	0
Ferimon	0	0	0	+	+	0	+
Futura*	(+)	(+)	(0)	nicht ermittelt	(-)	(+)	-
Kompolti*	+	+	0	-	--	+	--
Lovrin 110*#	0	0	0	-	-	0	--
USO 11 (keine Zulassung)	(0)	(+)	(0)	(0)	(+)	(+)	(0)
USO 31	-	-	0	0	+	-	0

Fedora 19 und Lovrin 110: Zulassung ab Wirtschaftsjahr 2001/02 unsicher,

* durch späte Ausreife Hanfbeihilfe gefährdet! () nur einjährige Ergebnisse

Die Ergebnisse des Standortes Nossen sind für die Lößgebiete der Mittelsächsischen Platte und vergleichbare Gebiete repräsentativ, während die für den Standort Gebelzig ausgewiesenen Resultate für sächsische D4/D5 Standorte gelten. Es kann eingeschätzt werden, dass für die Lößgebiete unter dem Blickwinkel „Fasernutzung“ die Sorten Fedrina 74, Kompolti und USO 11 gut geeignet (+) sind. Auf den D4/D5 Standorten ist für die Verwertungsrichtung Fasernutzung der Anbau von Futura und USO 11 (z. Z. keine Zulassung) besonders zu empfehlen (+). Für die Mehrzahl der Sorten kann insgesamt eine mittlere (0) Eignung attestiert werden. Wenig geeignet (-) für die alleinige Fasernutzung sind auf beiden Standorten Fasamo und USO 31. Auch die Sorte Fedora 19 schneidet wegen geringer Fasererträge wenig überzeugend ab. Für die zusätzliche Samennutzung kommen auf den Löß- und D4/D5 Standorten Felina 34, Fedora 19, Ferimon und USO 31 in Frage. Derartige komplexe Bewertungen ertraglicher und qualitativer Sortenmerkmale sind geeignet, im Anbau verwertungsorientierte Entscheidungen bei der Sortenwahl zu treffen.

4.3 Einfluss der Saatstärke auf Pflanzenbestand, Ertrag- und Qualität

In der Literatur gibt es zum Einfluss der Saatstärke unterschiedliche Aussagen. BOCSA u. KARUS, 1997 berichten von Ergebnissen ungarischer Untersuchungen und empfehlen auf dieser Grundlage Saatstärken von 70 bis 80 kg/ha, die eine erntewirksame Bestandesdichte von 200 bis 360 Pflanzen/m² bewirken. Dagegen berichtet HANF, 1997 von Ergebnissen niederländischer Versuche, bei denen sich eine Pflanzendichte von 90 Pflanzen/m² als optimal erwies. Für sächsische Anbaustandorte lagen zu Saatstärken bisher keine Angaben vor. Hohe Hanfsaatgutpreise (gegenwärtig etwa 6 bis 8 DM/kg) bewirken, dass die Saatgutkosten ein gewichtiger Faktor der Wirtschaftlichkeit des Hanfanbaus sind. Deshalb sollte der Saatguteinsatz soweit wie möglich minimiert werden. Mit diesem Ziel wurden 1997 und 1998 Untersuchungen zum Einfluss der Saatstärke auf Pflanzenbestand, Ertrags- und Qualitätsparameter des Hanfs durchgeführt.

Versuchsdurchführung

Die Untersuchungen erfolgten 1997 und 1998 anhand eines praxisnahen Großversuches auf Flächen der Technofarm Adorf/Erzgebirge sowie 1998 und 1999 mittels eines exakten Parzellenversuches in der Versuchsstation Nossen. Die Parzellengröße in Adorf lag bei etwa einem Hektar, zum Anbau kam in beiden Versuchsjahren die relativ frühreifende, mittlere Wuchshöhen und Erträge erreichende Sorte Fedora 19. In der Versuchsstation Nossen wurde anhand einer zweifaktoriellen Blockanlage mit 4 Wiederholungen je Variante der Einfluss der Saatstärke auf Merkmale des Hanfs an zwei Hanfsorten verschiedenen Typs geprüft: der hochwüchsigen, relativ spätreifenden französischen Sorte Futura und der eher kleinwüchsigen, faserreicheren und früher reifenden ukrainischen Sorte USO 14. An beiden Standorten wurden die Merkmale Bestandesdichte, Pflanzenreduktionsrate, Wuchshöhe, Stängeldurchmesser bei halber Wuchshöhe, Stängel- und Faserertrag, Fasergehalt des Stängels, Faserfestigkeit, Faserfeinheit und Dehnbarkeit der Fasern untersucht.

Ergebnisse

Bestandesdichte und Pflanzenreduktionsrate

In den beiden Versuchen lief der Hanf gleichmäßig auf, die Bestandesdichten nach Aufgang verhielten sich nahezu proportional zur Saatstärke (Tabelle 35 und Abbildung 17).

Tabelle 35: Einfluss der Saatstärke auf die Bestandesdichte nach Aufgang und die Reduktion der Pflanzenanzahl im Hanfbestand, Praxisversuch Adorf 1997 und 1998

Variante Saatstärke	Bestandesdichte (Pflanzen/m ²) 1997			Bestandesdichte (Pflanzen/m ²) 1998		
	nach Aufgang	zur Ernte	Reduktion auf %	nach Aufgang	zur Ernte	Reduktion auf %
20 kg Saatgut/ha	83	71	85,8	103	66	63,8
40 kg Saatgut/ha	176	131	74,6	187	110	58,9
60 kg Saatgut/ha	266	190	71,4	304	160	52,5
80 kg Saatgut/ha	338	249	73,8	400	210	52,5

Im Saatstärkenversuch Adorf war bis zum Erntetermin 1998 eine stärkere Pflanzenreduktionsrate als 1997 zu beobachten. Tendenziell nahm die Bestandesdichte im Wachstumsverlauf bei höheren Saatstärken, verursacht durch verstärkte Konkurrenz der Hanfpflanzen untereinander, aber auch durch infolge des dichteren Bestandes höheren Botrytisbefalls kurz vor der Samenreife deutlicher ab als bei geringeren Saatstärken.

Eine noch stärkere Reduktion der Pflanzenanzahl als im Praxisversuch Adorf war bei nahezu allen Saatstärkevarianten und beiden Sorten im Parzellenversuch Nossen (Abbildung 17) zu beobachten. Bei saatstärkebezogen vergleichbaren Bestandesdichten nach vollständigem Aufgang reduzierte sich die Bestandesdichte bei einer Saatstärke von 80 kg/ha bis zur Ernte bei der hochwüchsigen Sorte Futura im Zweijahresdurchschnitt auf 38 Prozent des Aufgangswertes bzw. ging bei USO 14 auf 52 Prozent zurück. Die geringsten Abnahmen (auf 80 bzw. 83 Prozent) waren jeweils bei den niedrigsten Saatstärken zu verzeichnen. Der bei 20 kg, aber auch bei 40 kg Saatgut/ha erreichte Pflanzenbestand liegt deutlich unter der von BOCSA u. KARUS, 1997 sowie HÖPPNER und MENGE-HARTMANN, 1994 als optimal angesehenen Bestandesdichte.

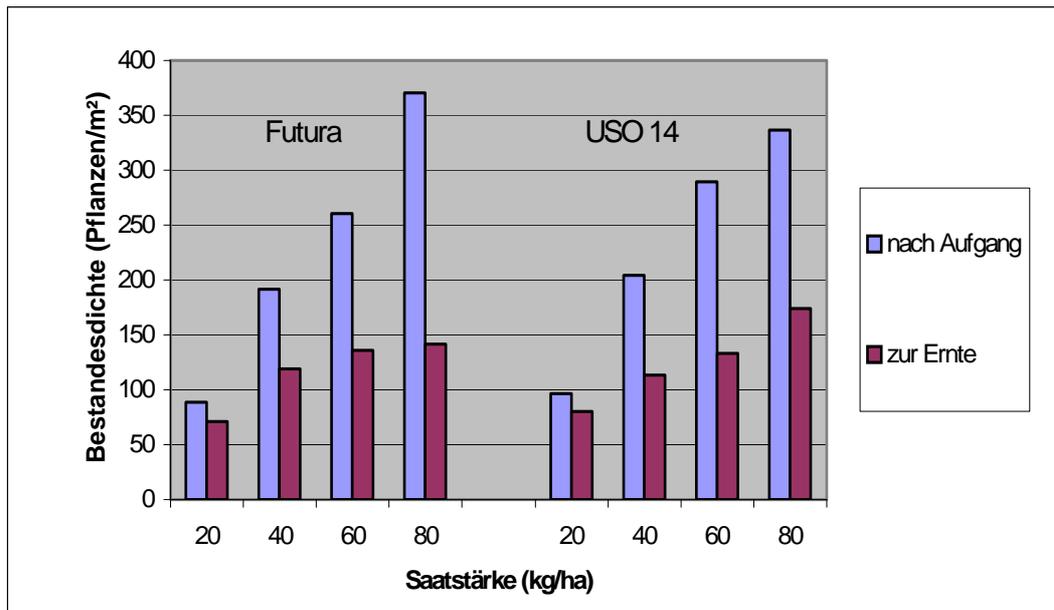


Abbildung 17: Einfluss von Saatstärke und Sorte auf die Bestandesdichte nach Aufgang und die ihre Reduktion bis zum Erntezeitpunkt, Parzellenversuch Nossen, Mittel 1998/99

Wuchshöhe und Stängeldurchmesser

Im praxisnahen Großversuch Adorf nahmen in beiden Jahren und im zweijährigen Durchschnitt die Wuchshöhen und Stängeldurchmesser mit jeder Steigerungsstufe der Saatstärke signifikant ab (Tabelle 36). Die Pflanzen der Saatstärkevariante 80 kg/ha erreichten durchschnittlich nur 82 % der Wuchshöhe der Pflanzen der Parzellen mit 20 kg/ha. Die Sorte Futura schneidet bei der Wuchshöhe besser ab als die Sorte USO 14. Sie übertrifft auf allen geprüften Saatstärkestufen die Wuchshöhe von USO 14 um 50 – 55 cm.

Tabelle 36: Einfluss der Saatstärke auf Wuchshöhe und Stängeldurchmesser von Hanf, Praxisversuch Adorf 1997 und 1998, Sorte Fedora 19

Saatstärke	Wuchshöhe zur Ernte (cm)			Stängeldurchmesser bei halber Wuchshöhe zur Ernte (mm)		
	1997	1998	1997/98	1997	1998	1997/98
20 kg /ha	226	244	235	7,40	8,43	7,91
40 kg /ha	212	231	221	6,14	7,02	6,58
60 kg /ha	198	207	202	5,60	5,50	5,55
80 kg /ha	192	195	193	5,05	5,14	5,09
<i>GD 5%</i>	5,02	3,97	3,33	0,32	0,25	0,21

Die an beiden Standorten gemessenen Pflanzhöhen liegen in einem Bereich, der für die Erntemaschinen kaum Probleme bereitet. Erstverarbeiter fordern oft maximale Stängelstücklängen von weniger als einem Meter. Eine Einkürzung der Stängel ist deshalb ohnehin erforderlich. Aus dieser Sicht sind die bei geringeren Saatstärken beobachteten größeren Wuchshöhen kein Nachteil, sondern ein wichtiger Faktor der Ertragsbildung.

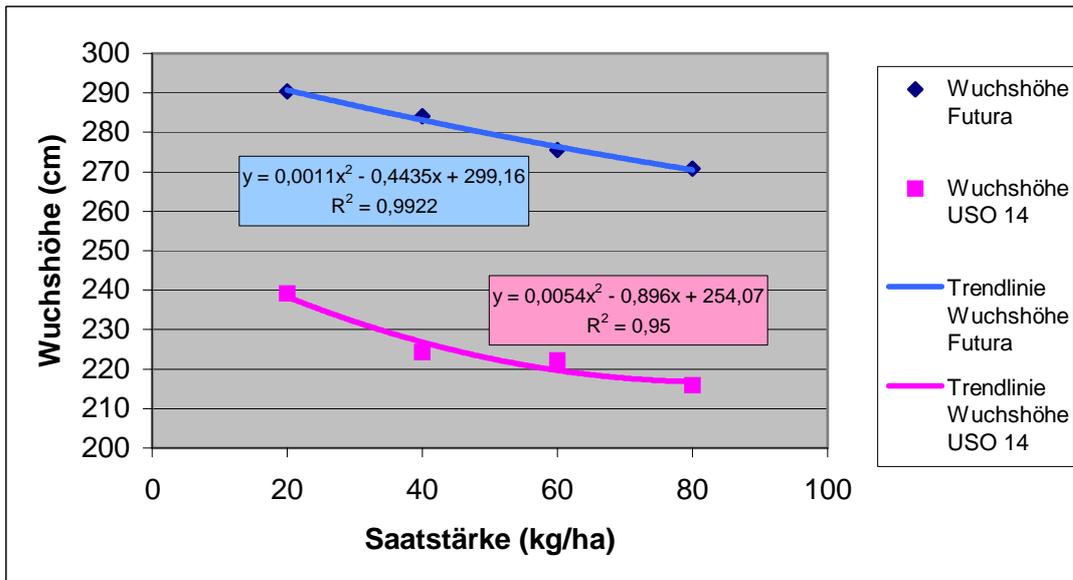


Abbildung 18: Einfluss der Saatstärke auf die Wuchshöhe der Hanfsorten Futura und USO 14, Parzellenversuch Nossen, Mittel 1998/99

Starke Stängel behindern zwar leistungsfähige Erntemaschinen kaum, können aber den Prozess der Erstverarbeitung deutlich erschweren (HANF, 1996). Es zeichnet sich ab, dass die Durchmesser von Hanfstängeln nicht wesentlich mehr als 7 bis 8 cm betragen sollten (MASTEL et al., 1998; FRANK, 1999).

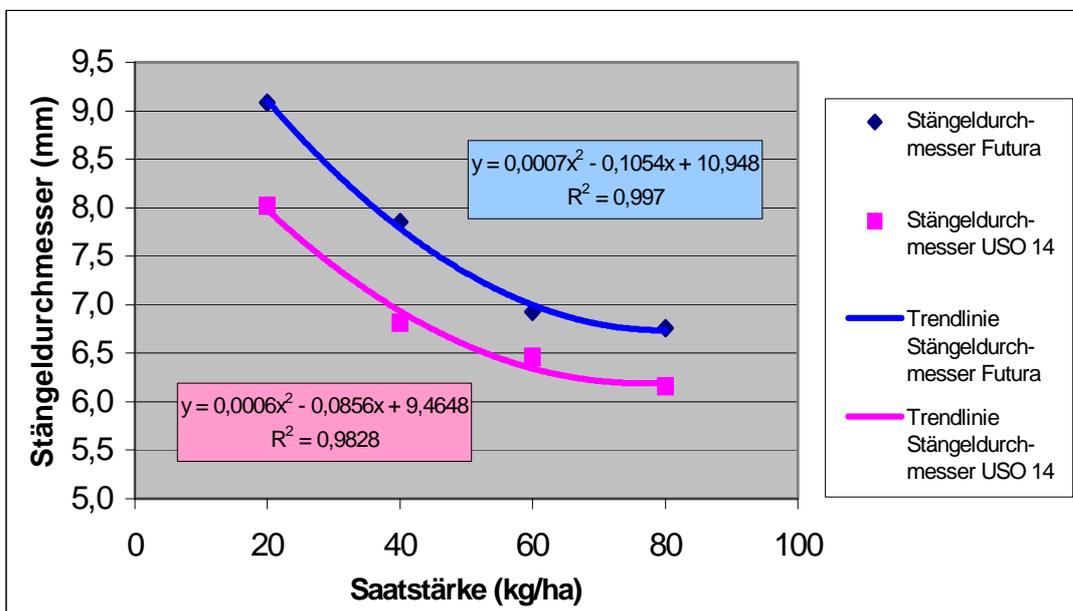


Abbildung 19: Einfluss der Saatstärke auf den Stängeldurchmesser der Hanfsorten Futura und USO 14, Parzellenversuch Nossen, Mittel 1998/99

Somit könnte die bei den Saatstärkevarianten von 20 kg/ha in beiden Versuchen gemessenen Stängeldurchmesser von über 7 cm (Tabelle 36, Abbildung 19) bereits problematisch sein. Ab einer Saatstärke von 40 bis 60 kg/ha werden für die Verarbeitung günstige Stängeldurchmesser von meist unter 7 cm erreicht. Dabei sind sortenspezifische Unterschiede zu beobachten. Die nachgewiesenen straffen Zusammenhänge zwischen Saatstärke, Wuchshöhe und Durchmesser des Stängels zeigen, dass bei Saatmengen über 60 kg/ha die Wuchshöhe um ca. 5 cm zurückgeht und der Stängeldurchmesser sich kaum noch verringert (Abb. 18 und 19).

Ertragsparameter

Die im Praxisversuch Adorf gemessenen Hanfstängel- Faser- und Samenerträge wiesen eine hohe Streubreite auf, die wahrscheinlich auf Bodenunterschiede der Versuchsfelder zurückzuführen sind. Im Zweijahresdurchschnitt wurden die in Tabelle 37 dargestellten Ertragswerte erreicht.

Tabelle 37: Einfluss der Saatstärke auf Ertragsparameter von Hanf, Sorte Fedora 19, Praxisversuch Adorf, Mittel 1997/98

Saatstärke	Stängelertrag (dt/ha)	Faserertrag (dt/ha)	Samenertrag (dt/ha)
20 kg/ha	100,99	25,02	9,86
40 kg/ha	83,86	21,07	8,39
60 kg/ha	93,23	21,79	10,97
80 kg/ha	90,05	22,81	8,00

Trotz geringer Bestandesdichte konnte, verursacht durch große Wuchshöhen und Stängeldurchmesser, mit einer Saatstärke von nur 20 kg/ha der höchste Stängelertrag gemessen werden. Eine statistische Sicherung von Ertragsunterschieden war aber infolge der großen Streubreite nicht möglich.

Auch beim Faserertrag schnitt die Variante mit der geringsten Saatstärke am besten ab, während sie beim Samenertrag das zweitbeste Ergebnis erzielte. Eine tendenzielle Abhängigkeit des Stängel- Faser- und Samenertrages von der Saatstärke ist nicht erkennbar.

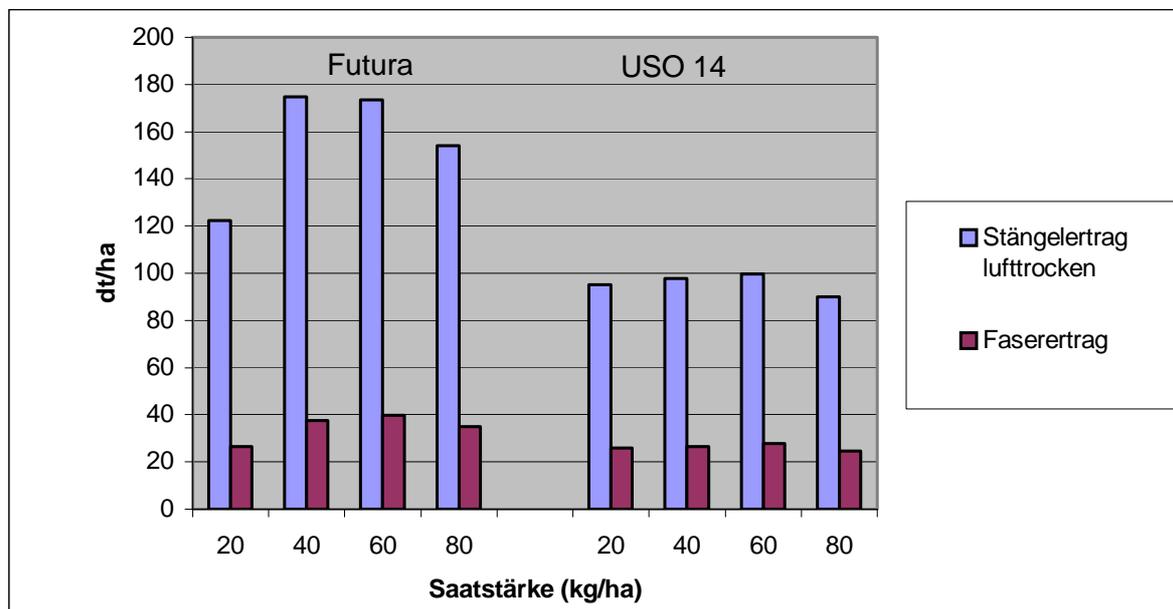


Abbildung 20: Einfluss der Saatstärke auf Ertragsparameter der Hanfsorten Futura und USO 14, Parzellenversuch Nossen, Mittel 1998/99

SCHWEIGER et al., 1996, konnte im Saatstärkenbereich von 150 bis 350 Samen/m² (entspricht bei einem TKG von 15 g Saatstärken von 22,5 bis 52,5 kg/ha) ebenfalls kaum Ertragsunterschiede feststellen. MASTEL et al. beobachtete im Jahr 1997 bei zunehmender Saatstärke im gleichen Bereich eine deutliche Abnahme des Stängelertrages.

Die Untersuchungen zum Einfluss der Saatstärke auf den Ertrag deuten auch auf sortenspezifische Optima in der Aussaatstärke hin (Abbildung 20). Während der optimale

Saatgutaufwand für die Erreichung maximaler Stängelträge bei Futura 40 kg/ha beträgt, sind dafür bei der Sorte USO 14 60 kg/ha notwendig. Für höchste Fasererträge sind bei beiden Sorten 60 kg Saatgut/ha erforderlich.

Fasergehalt und Qualitätsparameter

Die Ergebnisse des Praxisversuches Adorf zeigen beim Fasergehalt, sowie bei der Feinheit und Dehnbarkeit der Fasern keine Abhängigkeit von der Saatstärke. Die Festigkeit der Faserbündel verzeichnet jedoch bei steigender Saatstärke einen Zuwachs, der von Saatstärkestufe zu Saatstärkestufe immer geringer ausfällt. Dies deutet auf ein Optimum hin.

Tabelle 38: Einfluss der Saatstärke auf den Fasergehalt des Hanfstängels sowie Qualitätsparameter der Hanffaser, Praxisversuch Adorf, Mittel 1997/98

Variante N-Düngung	Fasergehalt (% v. Stängelmasse)	Faserfestigkeit (Reißkraft in cN/tex)	Faserfeinheit (Index IFS)	Faserdehnung (%)
20 kg Saatgut/ha	25,0	35,03	199,0	3,39
40 kg Saatgut/ha	25,1	37,57	222,9	3,40
60 kg Saatgut/ha	23,5	38,21	196,2	3,85
80 kg Saatgut/ha	25,2	38,85	211,1	3,29

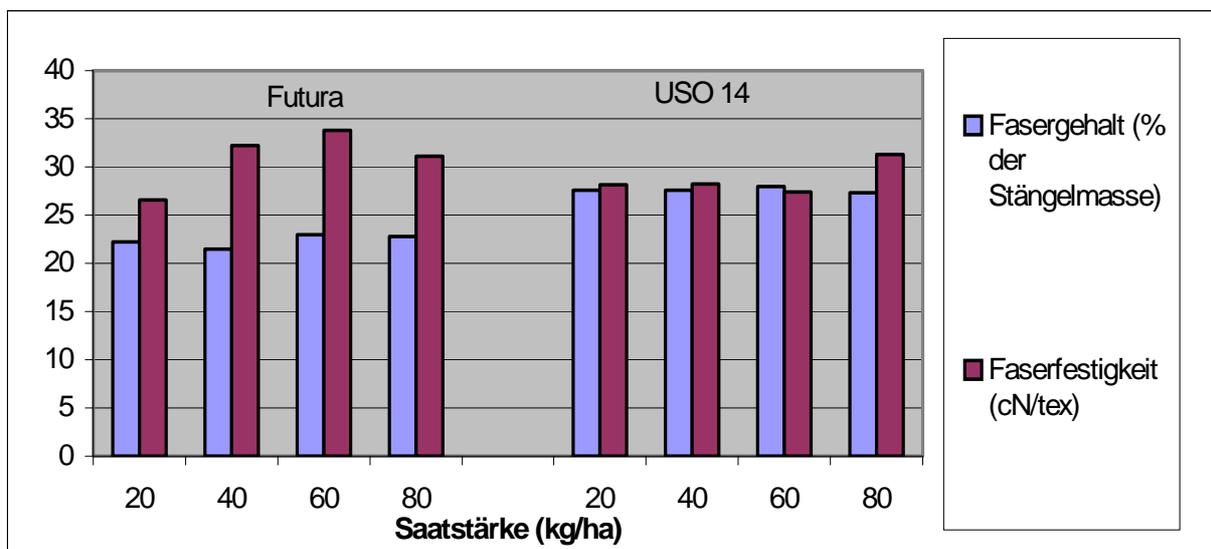


Abbildung 21: Einfluss der Saatstärke auf den Fasergehalt im Stängel und die Faserfestigkeit der Sorten Futura und USO 14, Parzellenversuch Nossen, Mittel 1998/99

Auch im Parzellenversuch Nossen hat die Saatstärke kaum Einfluss auf den Fasergehalt. Dagegen zeigt die Faserfestigkeit bei der Sorte Futura und einer Saatstärke von 60 kg/ha ein deutliches Optimum. Bei USO 14 gibt es bezüglich der Faserfestigkeit keine ausgeprägte Tendenz, lediglich bei der höchsten Saatstärke ist eine bessere Festigkeit erkennbar (Abbildung 21).

Saatstärken von über 60 kg/ha führen besonders bei hochwüchsigen Sorten nicht zur Erhöhung der Pflanzenanzahl zum Erntezeitpunkt, da sich infolge der Konkurrenzwirkungen der Hanfpflanzen untereinander verstärkt „Unterhanf“ bildet und zurückgebliebene Pflanzen

absterben. Aus der Sicht der Verarbeitbarkeit ist Hanf, der auf Parzellen mit nur 20 kg Saatgut/ha aufwuchs, wegen sehr großer Stängeldurchmesser negativ zu beurteilen.

Optimale Erträge und Fasergehalte erreicht die hochwüchsige Sorte Futura bei Saatstärken von 40 bis 60 kg/ha. Die Erträge der kleinwüchsigeren Sorte USO 14 reagieren nur wenig auf unterschiedliche Saatstärken. Die Faserfestigkeit steigt mit zunehmender Saatstärke bei beiden Sorten leicht an. Daraus können Schlüsse für das Verhalten anderer Sorten mit ähnlichem Wuchstyp abgeleitet werden. Für sächsische Hanfanbaustandorte sind Saatstärken von 40 bis 45 kg/ha zu empfehlen. Bei erhöhten Ansprüchen an die Faserfestigkeit (Verbundwerkstoffe) kann eine Erhöhung der Saatstärke (50 bis 60 kg/ha) sinnvoll sein, wenn die erhöhten Saatgutkosten durch höhere qualitätsbedingte Verkaufserlöse zumindest kompensiert werden. Falls sich herausstellen sollte, dass Erstverarbeiter zukünftig auch Stängel mit größeren Durchmessern problemlos verarbeiten können, ist eine weitere Absenkung der Saatstärke mit entsprechendem Einsparpotenzial bei den Saatgutkosten denkbar. Dazu sind weitere Untersuchungen erforderlich.

4.4 Einfluss der Stickstoffdüngung auf Pflanzenbestand, Ertrag und Qualität

Auf Flächen des Marktfruchtbetriebes Stiegler in Callenberg wurde unter praxisnahen Bedingungen ein Stickstoffsteigerungsversuch durchgeführt, der den Einfluss organischer bzw. mineralischer N-Gaben auf den Ertrag und ausgewählte Qualitätsparameter untersucht. Der Stickstoffsteigerungsversuch umfasste folgende acht Varianten:

ohne N-Düngung	120 kg N/ha (mineralisch)
30 kg N/ha (mineralisch)	150 kg N/ha (mineralisch)
60 kg N/ha (mineralisch)	60 kg N/ha (Gülle-Mineraldüngeräquivalent)
90 kg N/ha (mineralisch)	120 kg N/ha (Gülle-Mineraldüngeräquivalent)

Bei einer Parzellengröße von etwa 0,4 ha je Variante kamen 1997 die Sorte Fedrina 74, 1998 die Sorte Fedora 19 zum Anbau. Die Düngung erfolgte jeweils unmittelbar vor der Aussaat. In beiden Jahren wurden die Merkmale Bestandesdichte, Pflanzenreduktionsrate, Wuchshöhe, Stängeldurchmesser, Stängel- und Faserertrag, Fasergehalt des Stängels, Faserfestigkeit, Faserfeinheit und Dehnbarkeit der Fasern untersucht. Ziel war die Optimierung der Höhe der Stickstoffdüngung zu Hanf hinsichtlich der Ertragsleistung und der Ernteproduktqualität. In den beiden Versuchsjahren herrschten sehr unterschiedliche Witterungsbedingungen: 1997 war durch einen sehr kühlen, trockenen Witterungsabschnitt im Zeitraum Ende Mai – Anfang Juni gekennzeichnet. Im gleichen Zeitraum des Jahres 1998 herrschte feuchtwarmes, wüchsiges Wetter mit wiederholten starken Niederschlägen vor.

Ergebnisse

Bestandesdichte und Pflanzenreduktionsrate

Im Wachstumsverlauf war eine Reduktion der Bestandesdichte zu beobachten. Im Durchschnitt beider Untersuchungsjahre zeigte sich, dass die nach vollständigem Auflaufen der Pflanzen vorhandene Bestandesdichte bei steigenden Stickstoffgaben bis zur Ernte eine zunehmende Reduktion des Pflanzenbestandes einhergeht (Abbildung 22). Dieser Effekt war besonders 1998 stark ausgeprägt. Die feuchtwarme Frühsommerwitterung dieses Jahres führte zu einem sehr schnellen Jugendwachstum des Hanfs. Eine frühe Differenzierung der unterschiedlich gedüngten Parzellen war deutlich zu erkennen. Auf den Varianten mit hohen N-Gaben kam es infolge schnelleren Wachstums frühzeitig zu Konkurrenzerscheinungen zwischen den Pflanzen mit der Folge des Zurückbleibens und späteren Absterbens eines erheblichen Teils der Pflanzen. Dies war gleichermaßen bei Mineraldüngung als auch bei Gölledüngung zu beobachten.

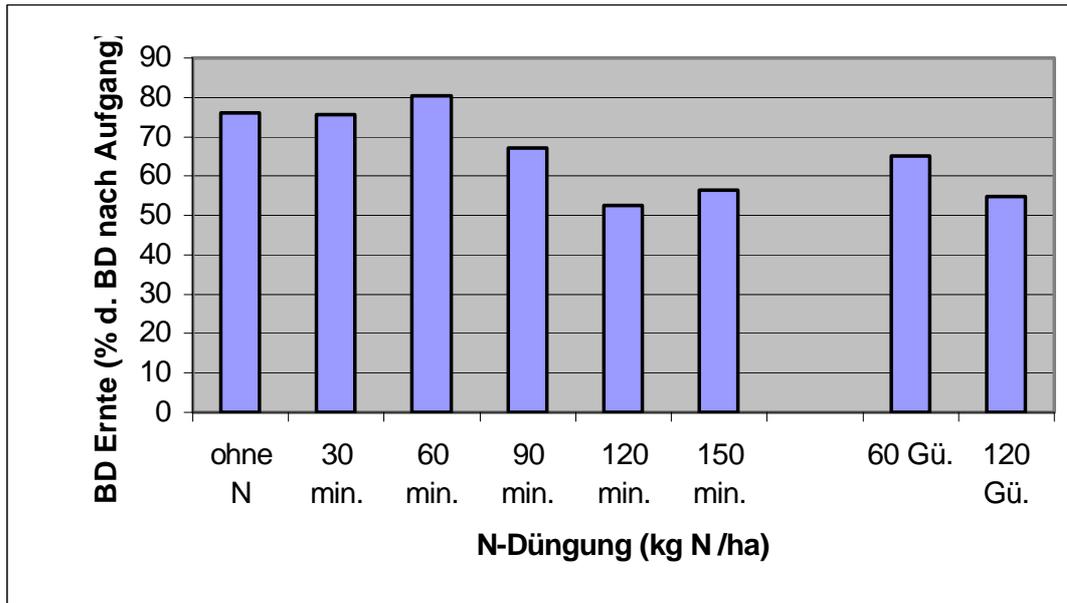


Abbildung 22: Einfluss der Stickstoffdüngung auf die Reduktion der Bestandesdichte (BD) bis zur Ernte, Praxisversuch Callenberg, Mittel 1997/98

Die im Zweijahresdurchschnitt beobachteten Untersuchungsergebnisse zum Einfluss der Stickstoffdüngung auf Wuchshöhe und Stängeldurchmesser des Hanfs werden in Tabelle 39 dargestellt.

Tabelle 39: Einfluss der Stickstoffdüngung auf Wuchshöhe und Stängeldurchmesser von Hanf zum Erntezeitpunkt, Praxisversuch Callenberg, Mittel 1997/98

Variante Stickstoffdüngung	Wuchshöhe (cm)	Stängeldurchmesser bei Stängelmitte (mm)
ohne N	240	7,50
30 kg N/ha (min)	238	7,33
60 kg N/ha (min)	240	7,51
90 kg N/ha (min)	251	8,04
120 kg N/ha (min)	273	8,69
150 kg N/ha (min)	269	8,81
60 kg N/ha (Gülle)	257	7,16
120 kg N/ha (Gülle)	240	10,14
<i>GD 5%</i>	<i>5,62</i>	<i>0,36</i>

Danach bewirkten mineralische N-Gaben (90 bis 150 kg N/ha) gegenüber der Kontrolle eine signifikante Zunahme der Wuchshöhe und ebenso des Stängeldurchmessers. Die niedrigeren geprüften mineralischen N-Gaben und die eingesetzten Güllemengen zeigten mit Ausnahme des Stängeldurchmessers (120 kg N als Gülle je Hektar) keine signifikante Wirkung gegenüber der Kontrolle.

Die im Zweijahresdurchschnitt beobachteten Auswirkungen unterschiedlicher Stickstoffgaben auf Stängelertrag, Faserertrag und Samenertrag von Hanf zeigt Tabelle 40. Der Stängelertrag steigt mit wachsender mineralischer Stickstoffdüngung kontinuierlich an. Lediglich die Variante 60 kg N/ha ordnet sich nicht vollständig in diesen Trend ein.

Tabelle 40: Einfluss der Stickstoffdüngung auf Ertragsparameter von Hanf, Praxisversuch Callenberg, Mittel 1997/98

Variante Stickstoffdüngung	Stängelерtrag (dt/ha)	Faserertrag (dt/ha)	Samenertrag (dt/ha)
ohne N	88,34	21,05	7,74
30 kg N/ha (min)	93,46	22,34	8,55
60 kg N/ha (min)	91,43	20,47	9,36
90 kg N/ha (min)	101,07	22,43	7,98
120 kg N/ha (min)	116,67	24,95	9,70
150 kg N/ha (min)	121,64	25,86	11,62
60 kg N/ha (Gülle)	113,41	24,28	8,60
120 kg N/ha (Gülle)	131,65	28,21	10,92
GD 5%	22,47	4,38	

Auch bei den Fasererträgen war mit steigender mineralischer N-Düngung eine kontinuierliche Steigerung zu beobachten. Infolge abnehmender Fasergehalte des Hanfstängels bei erhöhter N-Düngung (Abbildung 23) wächst der Faserertrag aber nicht so stark wie der Stängelерtrag. Während sich der Stängelерtrag durch mineralische N-Gaben von 150 kg/ha gegenüber der Nullvariante um 37,7 Prozent steigern ließ, nahm der Faserertrag nur um 12,3 Prozent zu. Bei praxisüblichen N-Gaben von 90 kg/ha waren gegenüber der Variante ohne Stickstoffdüngung beim Stängelерtrag Zuwächse von 14,4 Prozent, beim Faserertrag von 6,6 Prozent erreichbar.

Durch Güllegaben ließen sich erheblich höhere Stängel- und Fasererträge realisieren als durch vergleichbare Mineraldüngergaben. Es wurde beobachtet, dass der Hanf besonders bei hohen Güllegaben etwas später reifte als bei entsprechender mineralischer Stickstoffdüngung. Dies wird möglicherweise durch die kontinuierliche N-Mineralisierung der organischen Güllebestandteile bewirkt. Die Ergebnisse zur Entwicklung der Nitratkonzentration im Pflanzensaft (s. Punkt 4. 6) belegen dies.

Der Samenertrag lässt sich durch N-Düngung ebenfalls positiv beeinflussen. Allerdings weisen die Versuchsergebnisse bei diesem Merkmal erhebliche Schwankungen auf. Während Güllegaben bei Stängel- und Faserertrag stärkere ertragssteigernde Wirkungen zeigten als vergleichbare Mineraldüngermengen, ist beim Samenertrag eine gegenteilige Tendenz zu erkennen.

Faserqualität

Während Stängel- und Faserertrag positiv auf steigende Stickstoffdüngung reagierten, zeigten die Qualitätsmerkmale Fasergehalt des Hanfstängels und Reißfestigkeit der Hanffaser eine entgegengesetzte Tendenz (Abbildung 23). Der Fasergehalt im Hanfstängel sinkt bei steigenden mineralischen Stickstoffgaben kontinuierlich. Die Reißfestigkeit der Hanffasern nimmt in noch stärkerem Maße ab und erreicht bei Mineraldüngergaben ab 120 kg N/ha Werte unter 30 cN/tex. Damit liegen sie deutlich unter den durchschnittlichen Festigkeitswerten anderer Hanfversuche. Der Fasergehalt der mit Gülle gedüngten Parzellen erreichte bei beiden Qualitätsmerkmalen ebenfalls nur geringe, mit denen hoher Mineraldüngergaben vergleichbare Werte. Die Festigkeit der Hanffasern der Güllevarianten bewegte sich auf ähnlichem Niveau wie die vergleichbarer Mineraldüngervarianten.

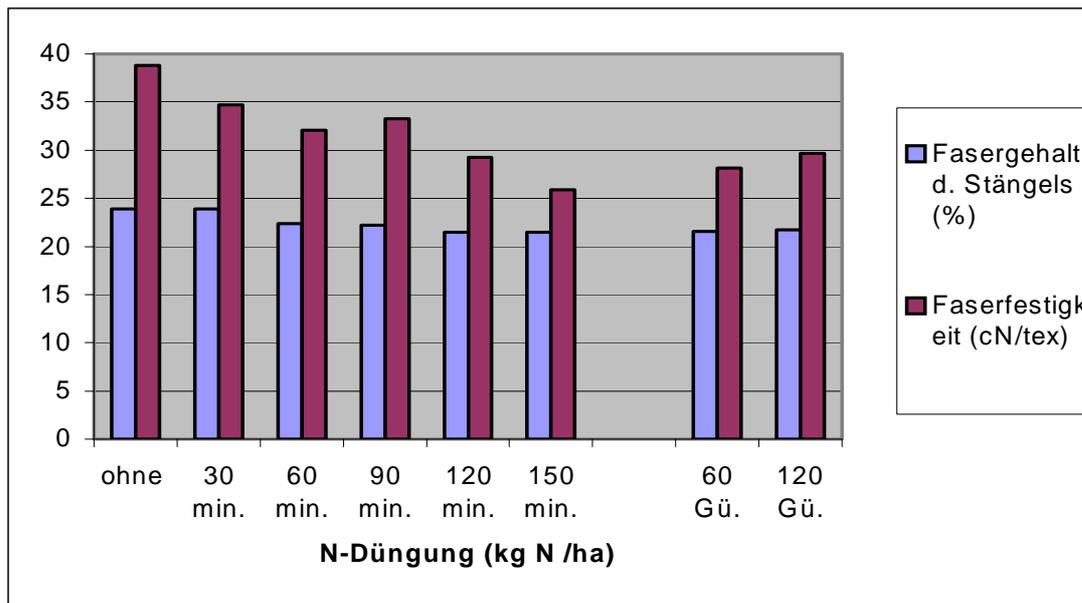


Abbildung 23: Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Fasergehalt des Hanfstängels und die Faserfestigkeit zum Erntezeitpunkt, Praxisversuch Callenberg, Mittel 1997/98

Dagegen wurde nachgewiesen, dass steigende N-Gaben die Faserfeinheit erheblich verbessern (Tabelle 41).

Tabelle 41: Einfluss der Stickstoffdüngung auf Qualitätsparameter von Hanf zum Erntezeitpunkt, Praxisversuch Callenberg, Mittel 1997/98

Variante Stickstoffdüngung	Faserfeinheit(Index IFS)	Faserdehnung(%)
ohne N	257,70	3,78
30 kg N/ha (min)	264,03	3,73
60 kg N/ha (min)	185,04	3,12
90 kg N/ha (min)	215,17	3,37
120 kg N/ha (min)	172,50	2,99
150 kg N/ha (min)	154,46	3,00
60 kg N/ha (Gülle)	159,13	3,11
120 kg N/ha (Gülle)	142,94	3,12

Diese Tatsache ist vor allem bei vorgesehenem Einsatz der Fasern im Dämmstoffbereich bedeutsam, da die Dämmwirkung mit verbesserter Faserfeinheit und dem dadurch möglichen besseren Lufteinschluss zunimmt. Die mit höheren N-Gaben einhergehende abnehmende Reißfestigkeit ist in diesem Anwendungsbereich von geringerer Bedeutung. Die Dehnbarkeit der Hanffasern nimmt mit steigender Stickstoffdüngung ab.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass sich durch Stickstoffdüngung Ertrag und Qualität des Hanfs in hohem Maße beeinflussen lassen. Zunehmende N-Gaben bewirken eine Verringerung der Bestandesdichte, verbunden mit größeren Wuchshöhen und Stängeldurchmessern. Durch hohe Stickstoffgaben (ab 120 kg N/ha) verursachte Stängeldurchmesser von 10 mm und mehr können zur Beeinträchtigung des Erstverarbeitungsprozesses führen. Der Stängelерtrag und in geringerem Maße auch der

Faserertrag lassen sich durch Stickstoffdüngung deutlich steigern, während der Fasergehalt des Stängels, aber auch die Reißfestigkeit und Dehnbarkeit der Fasern mit steigenden N-Gaben abnehmen.

Im praktischen Anbau kann im Interesse der Wirtschaftlichkeit des Hanfanbaus, die hohe Erträge voraussetzt, auf eine Stickstoffdüngung nicht verzichtet werden. Sie sollte in Abhängigkeit vom vorhandenen Bodenstickstoffgehalt und vom vorgesehenen Einsatzzweck des Hanfs im Bereich von 60 bis maximal 120 kg N/ha liegen. Soll die Hanffaser in Bereichen mit hohen Festigkeitsanforderungen (z. B. Verbundwerkstoffe) eingesetzt werden, ist die Stickstoffdüngung auf maximal 90 kg/ha zu begrenzen. Wird bei geringeren Festigkeitsanforderungen auf eine feine Faser Wert gelegt, kann bis zu 120 kg N/ha gedüngt werden, wodurch auch eine bessere Ausschöpfung des Ertragspotenzials gewährleistet ist.

4. 5 Entwicklung von Ertrags- und Qualitätsparametern im Wachstumsverlauf

Das Ziel der Untersuchungen besteht in der Optimierung des Erntezeitpunktes für die Faserhanferzeugung.

4. 5. 1 Versuchsdurchführung und Wachstumsverlauf

Die Untersuchungen zum Wachstumsverlauf (Erntejahre 1997 und 1998) wurden auf zwei Standorten im Raum Chemnitz (Callenberg und Adorf/Erzgebirge) durchgeführt. In Callenberg wurde 1997 die Sorte Fedrina 74 und 1998 Fedora 19 angebaut. Am Standort Adorf kam in beiden Jahren die Sorte Fedora 19 zum Anbau. Saatstärke und Stickstoffdüngung waren auf allen Versuchspartzellen gleich (60 kg Saatgut/ha und 60 kg N/ha).

Der Hanf lief 1997 infolge kühler Frühjahrswitterung verzögert auf und entwickelte sich anfangs nur sehr langsam. Im weiteren Jahresverlauf holte er den Vegetationsrückstand aber vollständig auf. Am 10. September waren etwa 50 % der Samen ausgereift. Dagegen keimte der Hanf 1998 bei warmem Wetter schnell und entwickelte sich von Anfang an sehr zügig. Infolge stärkerer Niederschläge im August/September trat die Samenreife trotz anfänglichen Entwicklungsvorsprungs gegenüber 1997 wie im Vorjahr etwa am 10. September ein.

In beiden Untersuchungsjahren wurden an beiden Standorten erstmals am 30. Juni, dann aller zehn Tage bis zur Ernte am 10. September in fünffacher Wiederholung je Prüfglied jeweils an 20 Pflanzen Messungen und Untersuchungen zur Wuchshöhe sowie zum Stängeldurchmesser durchgeführt. Außerdem wurde der zum jeweiligen Boniturtermin bereits vorhandene Stängeltrtrag (lufttrocken) ermittelt und Pflanzenproben für Untersuchungen zu Fasergehalt und Faserqualität (Festigkeit, Feinheit, Dehnbarkeit) entnommen.

Boniturtermine: 2 Untersuchungsjahre mit je 8 Terminen an den Standorten Adorf/Erzg. und Callenberg:

Termin 1:	30. Juni	Termin 5:	10. August
Termin 2:	10. Juli	Termin 6:	20. August
Termin 3:	20. Juli	Termin 7:	30. August
Termin 4:	30. Juli	Termin 8:	10. September (Erntetermin)

Die in den grafischen Darstellungen verwendeten unabhängigen Variablen (X-Werte) entsprechen den Boniturterminen (x = 1 8).

4.5.2 Erträge

Hanfstängeltrag

Die Entwicklung des Stängeltrages während der Wachstumsperiode vom 30. Juni bis 10. September lässt sich mit guter Annäherung durch eine Regressionsfunktion 2. Grades

$$(y = -2,5839x^2 + 33,636x - 2,8775)$$

beschreiben (Abbildung 24). Das Jugendstadium (T1 bis T3) ist durch einen steilen Anstieg gekennzeichnet. Die Zuwachsraten an Stängelmasse vom 30. Juni bis 10. Juli (T bis T2) beträgt 25,8 dt/ha; die von 10. Juli bis 20. Juli (T2 bis T3) erreicht 20,8 dt/ha. Ähnliche Zuwachsraten beobachtete VAN DER WERF (1994). Das Ertragsmaximum liegt zwischen dem 10. und 20. August (T6 bis T7) während der Blüte. Bis zum Reifetermin 10. September (T8) sinkt der Ertrag um ca. 8 dt/ha ab. Ursache dafür ist die fortschreitende Ausdünnung des Bestandes durch Botrytisbefall und Zusammenbrechen befallener Pflanzen.

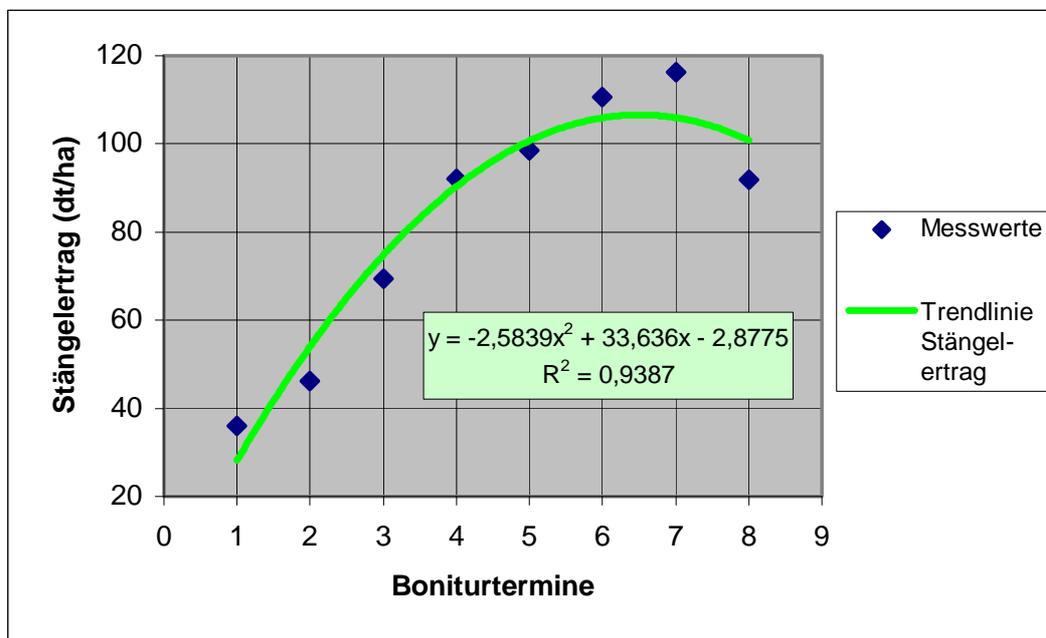


Abbildung 24: Entwicklung des Hanfstängeltrages im Wachstumsverlauf, Mittel Praxisversuche Adorf und Callenberg 1997/98

Fasergehalt des Hanfstängels

Der größte Teil der Hanffasern bildet sich bereits während des Längenwachstums der Pflanze in den ersten beiden Julidekaden aus. In dieser Zeit (T1 bis T3) steigt der Fasergehalt fast linear von 12 auf 19 Prozent an. Im weiteren Wachstumsverlauf nimmt der Gehalt an Fasern nur um 2 bis 3 Prozent zu. Erst in der Phase der Samenausbildung und -reife im September ist nochmals ein stärkerer Anstieg des Fasergehaltes im Hanfstängel zu beobachten. Dieser Verlauf lässt sich gut mit einer kubischen Funktion beschreiben (Abbildung 25). Es muss davon ausgegangen werden, dass dieser späte Anstieg zum Teil auf Stoffumlagerungen vom Stängel in die Samen zurückzuführen ist, wodurch der Anteil der von der Stoffumlagerung nicht betroffenen Fasern im Stängel steigt. Untersuchungen zeigten auch, dass die in dieser Phase noch neugebildeten Fasern hauptsächlich schwer gewinnbare Sekundärfasern sind (RÖHRICHT et al., 1998).

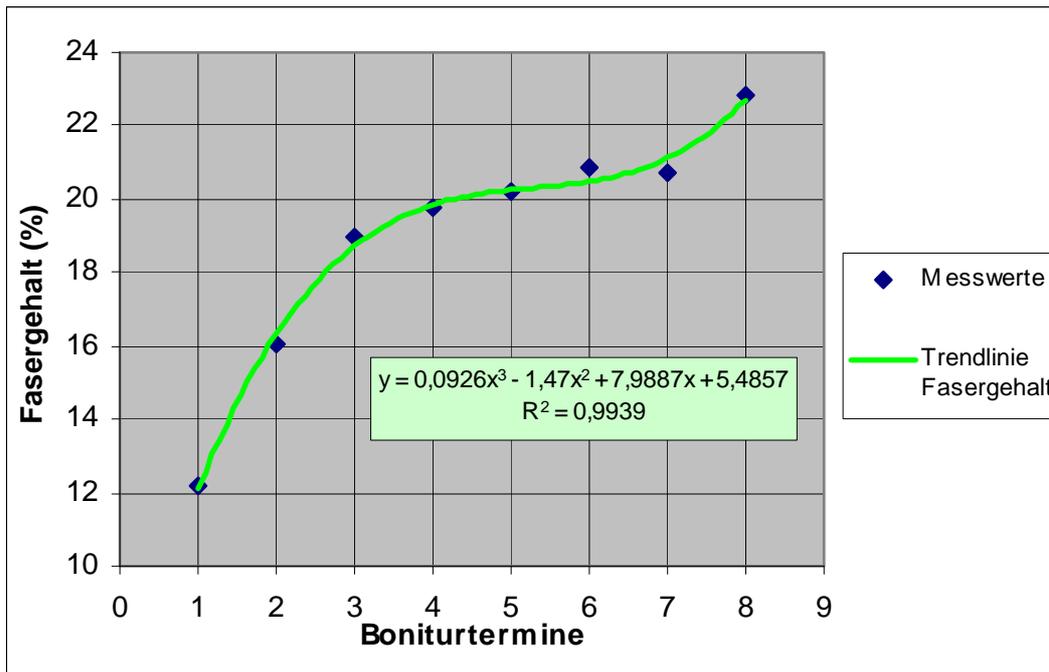


Abbildung 25: Entwicklung des Fasergehaltes im Hanfstängel im Wachstumsverlauf, Mittel Praxisversuche Adorf und Callenberg, 1997/98

Faserertrag

Der ab dem 30. Juni (T1) erfasste Faserertrag nimmt im weiteren Wachstumsverlauf rasch zu. Vom 20. bis 30. Juli (T3 bis T4) werden z. B. Faserertragszunahmen von 3,8 dt/ha festgestellt. Im späteren Stadium (10. bis 20. August) sinkt der Zuwachs auf 1,67 dt Fasern/ha. Das Ertragsmaximum der Regressionskurve ist am 30. August erreicht, das sind etwa 10 Tage vor dem gegenwärtig geforderten Erntetermin (Abbildung 26).

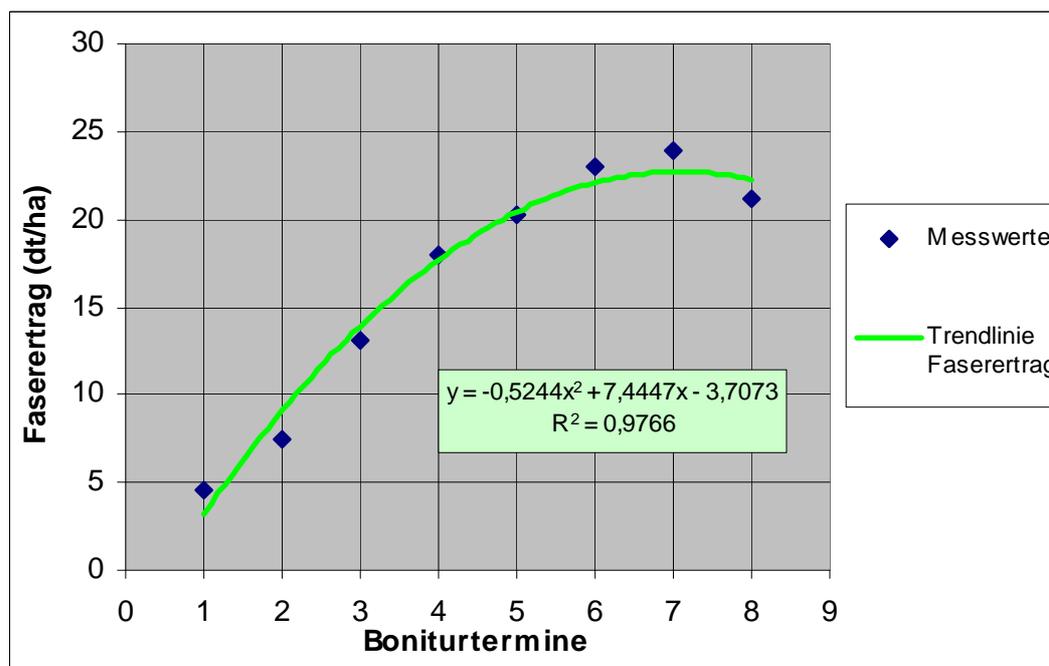


Abbildung 26: Entwicklung des Hanffaserertrages im Wachstumsverlauf, Mittel Praxisversuche Adorf und Callenberg 1997/98

Im Mittel der Versuche wurden am 10. August 96 Prozent, am 20. August 109 Prozent und am 30. August sogar 115 Prozent des am Erntetermin 10. September ermittelten Faserertrages gemessen. Der verringerte Faserertrag am Ende der Vegetationsperiode kann im Wesentlichen auf ein zunehmendes Absterben und Zusammenbrechen eines Teils der Pflanzen und den damit verbundenen drastischen Rückgang des Stängeltrages zurückgeführt werden. Der Anstieg des Fasergehaltes im Stängel in diesem Zeitraum kompensiert aber den Abfall des Stängeltrages nicht.

Eventuell spielt auch eine erschwerte Gewinnbarkeit der Fasern infolge zunehmender Verholzung und Sekundärfaserausbildung eine Rolle. Sekundäre Faserbündel unterscheiden sich von den zuerst angelegten Primärfaserbündeln dadurch, dass die Einzelfasern, aus denen sie zusammengesetzt sind, einen kleineren Durchmesser haben und auch erheblich kürzer sind. Zudem haften sie oft wesentlich stärker am Holzteil des Stängels und können im Prozess der Fasergewinnung verloren gehen (BOCSA, I. und KARUS, M., 1997). Die Autoren berichten auch, dass die Faserzellen mit zunehmendem Alter verholzen, wodurch die Faserqualität nachteilig beeinflusst wird.

4. 5. 3 Äußere und innere Qualitätsmerkmale

Wuchshöhe

Die Entwicklung der Wuchshöhe der Hanfpflanze folgt im wesentlichen einer quadratischen Funktion, die ein Maximum aufweist (Abbildung 27). Dabei wird im Jugendstadium ein sehr dynamisches Wachstum beobachtet. Es ist in der Dekade vom 30. Juni bis 10. Juli durch ein Streckungswachstum von 34,7 cm gekennzeichnet. In den darauf folgenden Dekaden wird ein Längenwachstum von 28,0 bzw. 21,2 cm festgestellt. Im Knospentadium (T 4 bis T 5) verringert sich das Längenwachstum auf 14,4 cm. Vergleichbare Zuwachsraten in der Wuchshöhe des Stängels werden in der Zeit vom 10. Juli bis 5. September von GOTTWALD et. al. (1996) nachgewiesen. Im Zeitraum 20. bis 30. August (T6 bis T7, Blüte) ist das Maximum der Wuchshöhe erreicht.

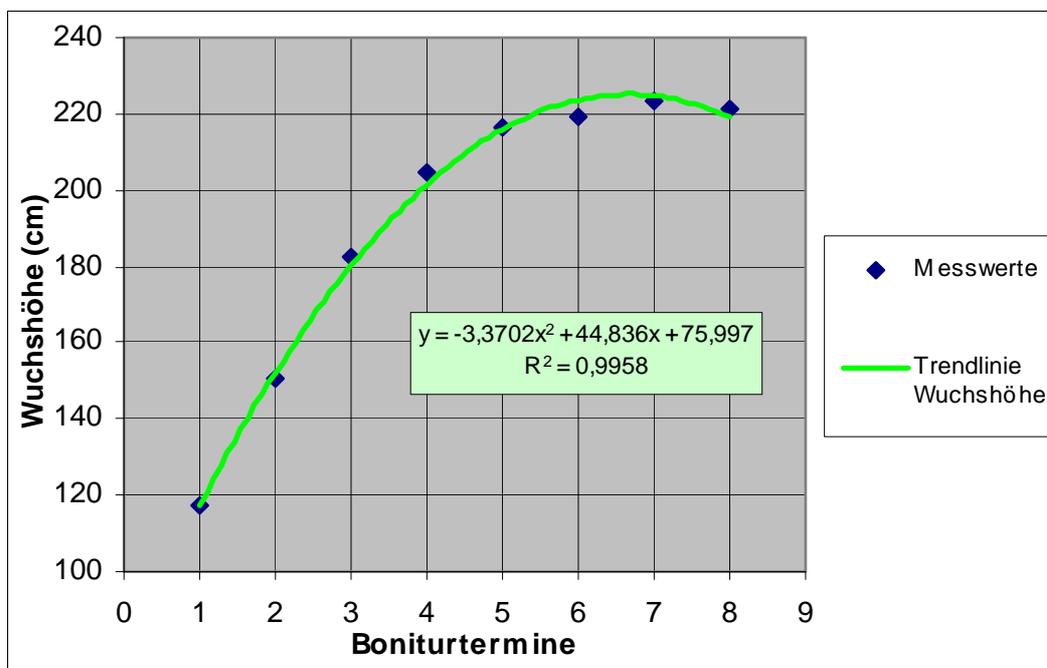


Abbildung 27: Entwicklung der Wuchshöhe von Hanf im Wachstumsverlauf, Mittel Praxisversuche Adorf und Callenberg 1997/98

Stängeldurchmesser

Ein ähnlicher Entwicklungsverlauf ist für das Dickenwachstum des Stängels (Stängeldurchmesser) zu verzeichnen (Abbildung 28). Der Durchmesser nimmt von 5,4 mm (30. Juni) auf 6,3 mm (30. Juli) zu. Ende August (20. 08. bis 30. 08.) ist die Zunahme mit 0,03 mm geringfügig. Ende August/Anfang September ist der maximale Stängeldurchmesser (6,6 mm) erreicht. Danach geht die Stängeldicke durch zunehmende Austrocknung tendenziell zurück.

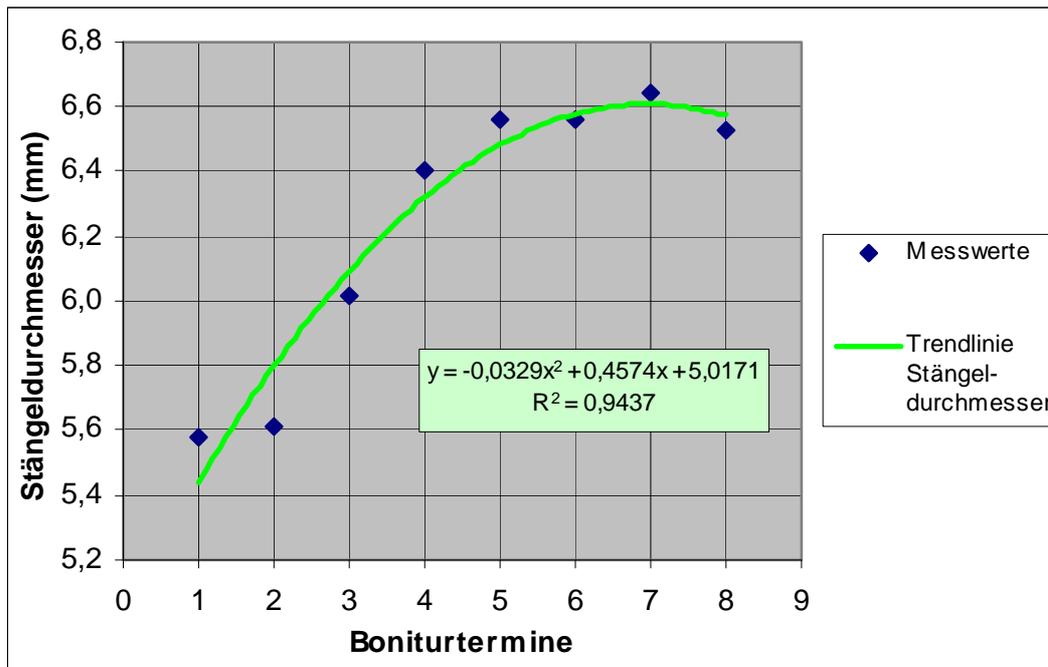


Abbildung 28: Entwicklung des Hanfstängeldurchmessers im Wachstumsverlauf, Mittel Praxisversuche Adorf und Callenberg 1997/98

Im weiteren wurden während des Wachstums des Hanfstängels innere Qualitätsparameter (Festigkeit, Feinheit und Dehnung der technischen Faserbündel) untersucht. Der Entwicklungsverlauf dieser Parameter lässt sich in guter Annäherung durch lineare Regressionsfunktionen abschätzen.

Faserfestigkeit

Die Festigkeit (Reißkraft in cN/tex) der technischen Hanffaser steigt während der gesamten beobachteten Zeitspanne je Dekade um 1,56 cN/tex an. Im gesamten Beobachtungszeitraum erhöht sich die Festigkeit der Faser von 24,5 auf 35,4 cN/tex.

Der Anstieg der Regressionsgeraden variiert in Abhängigkeit von Standort und den Jahresbedingungen. So wurden auf dem stickstoffärmeren Standort Adorf höhere Festigkeitswerte als in Callenberg erreicht. In Jahr 1998 (feuchtwarme Witterung) war der Anstiegswinkel der Geraden flacher, d. h. die Festigkeit der Faser war bereits in einem früherem Entwicklungsstadium ausgeprägt.

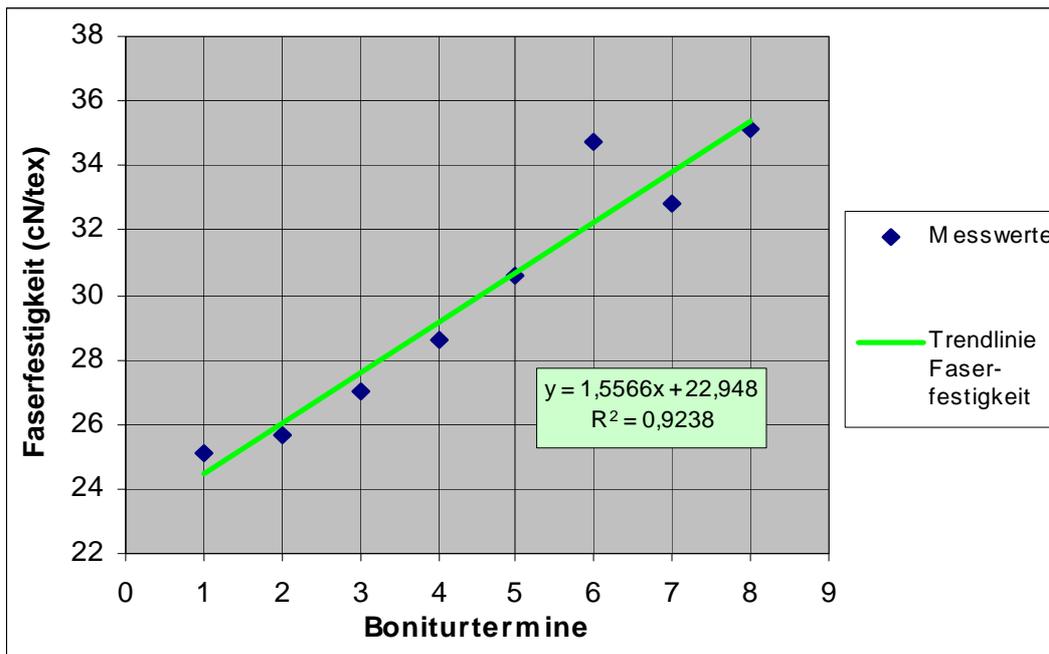


Abbildung 29: Entwicklung der Festigkeit der Hanffaser im Wachstumsverlauf, Mittel Praxisversuche Adorf und Callenberg 1997/98

Dehnbarkeit

Die Elastizität ist für den Spinnprozess bedeutsam. Hier haben Baumwollfasern (6 bis 8 Prozent Dehnung) Vorteile gegenüber Flachs- und Hanffasern. Während des Wachstumsverlaufes der Hanffaser ist ein gesicherter linearer Anstieg der Elastizität der Fasern zu erkennen (Abbildung 30). Er beträgt im Prüfzeitraum 30. Juni bis 10. September (T1 bis T 8) 0,159 Prozent je Messdekade. Zum Erntezeitpunkt konnten Dehnungswerte von 3,5 Prozent gefunden werden. Zu einem etwas früherem Zeitpunkt (Optimum des Faserertrages) waren etwas geringere Dehnungswerte festzustellen.

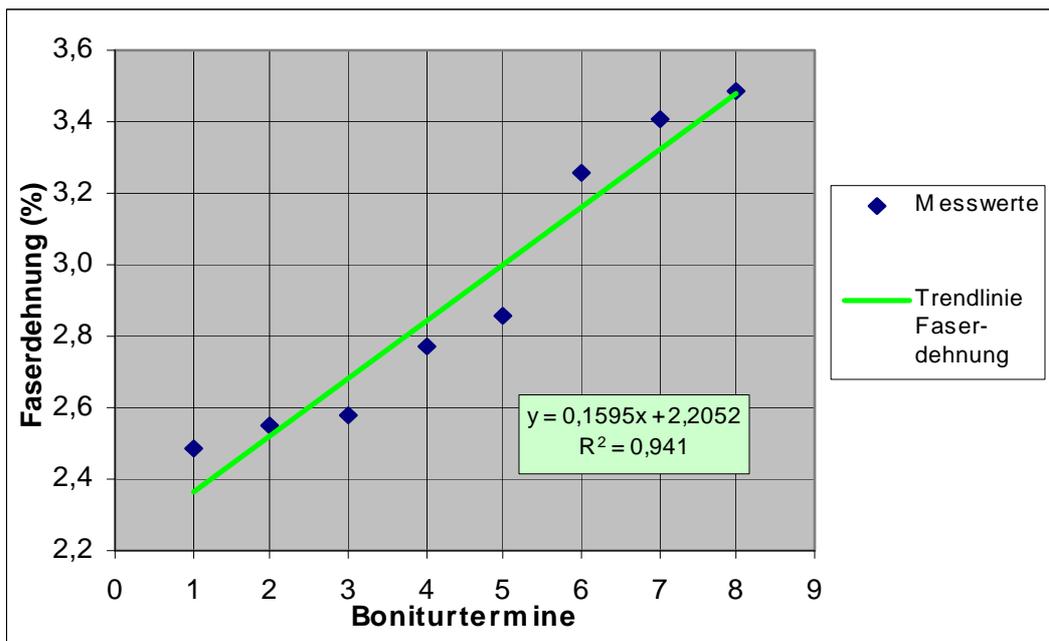


Abbildung 30: Entwicklung der Dehnbarkeit der Hanffaser im Wachstumsverlauf, Durchschnitt Praxisversuche Adorf und Callenberg 1997/98

Auch bei diesem Parameter spielt der jährliche Witterungsverlauf und der Standort eine Rolle. Während 1997 an beiden Standorten ein kontinuierlicher Anstieg der Dehnbarkeit zu beobachten war, wiesen die Hanffasern in Callenberg 1998 bereits zu Beginn der Messperiode die endgültigen Dehnbarkeitswerte auf. In Adorf waren jeweils zum Erntezeitpunkt höhere Dehnbarkeiten gegeben als in Callenberg. Im Durchschnitt der Jahre und Standorte nimmt die Dehnbarkeit der Hanffasern bis zum Zeitpunkt der Samenreife zu.

Faserfeinheit

Während die Festigkeit und Dehnbarkeit der Fasern im Verlaufe des Wachstums zunehmen, ist bei der Faserfeinheit ein gegenläufiger Prozess zu beobachten. Der im Wachstumsverlauf verzeichnete lineare Anstieg des IFS-Index um 15 Einheiten je Dekade bedeutet eine Abnahme der Faserfeinheit. Es werden also festere Faserbündelstränge im Stängel ausgebildet (Abbildung 31)

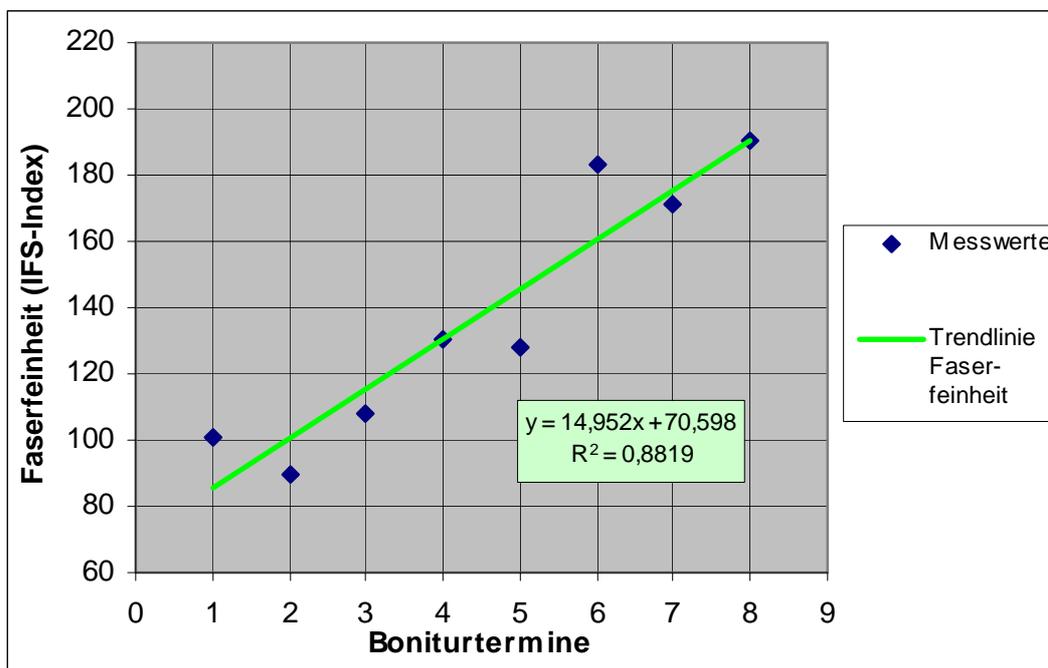


Abbildung 31: Entwicklung der Feinheit der Hanffaser im Wachstumsverlauf, Praxisversuche Adorf und Callenberg 1997/98

Insgesamt erlauben die aus den Untersuchungsergebnissen abgeleiteten Regressionsfunktionen zur Abhängigkeit der Erträge (Stroh, Fasern) und ausgewählter äußerer und innerer Qualitätsparameter die Optimierung des Erntetermins nach Verwertungsrichtung des Hanfs.

Eine frühere Mahd wäre vor allem bei Hanfpartien, die zu Dämmstoffen verarbeitet werden sollen sinnvoll, da in diesem Anwendungsbereich die Festigkeit und Dehnbarkeit der Fasern eine untergeordnete Rolle spielt, während eine gute Aufspaltbarkeit der Fasern (Faserfeinheit) die Dämmeigenschaften positiv beeinflussen kann.

Dagegen sollte die Mahd von Hanf, an dessen Fasern höhere Festigkeitsanforderungen gestellt werden (z. B. als Bestandteil von Verbundwerkstoffen), nicht zu früh, auf jeden Fall aber nach der Mahd von Hanf für Dämmstoffe erfolgen.

Diese Erntestaffelung führt zu einer deutlichen Erweiterung des Erntefensters, wodurch sich folgende Vorteile ergeben:

- die Anzahl der notwendigen Erntemaschinen verringert sich
- weniger ausgereifter Hanf lässt sich leichter mähen – geringerer Maschinenverschleiß
- der Röst- und Trocknungsprozess würde im Mittel der Jahre auf früher gemähten Teilflächen infolge höherer Temperaturen schneller und sicherer verlaufen
- das Ernterisiko könnte sich deutlich verringern
- die Hanffelder ständen zum Teil früher für die Nachfrucht zur Verfügung
- das Risiko des Auftretens von Hanfdurchwuchs in der Nachfrucht wäre deutlich verringert, da auf frühgemähten Hanffeldern die meisten Samen nicht ausreifen.

Die nachgewiesenen straffen Zusammenhänge erlauben möglicherweise darüber hinaus auch eine frühzeitige Abschätzung von Ertrags- und Qualitätsmerkmalen, indem von leicht messbaren Größen wie Wuchshöhe, Stängeldurchmesser und Bestandesdichte auf den zu erwartenden Faserertrag und auf Qualitätsparameter geschlossen wird. Diese Ansätze sind allerdings noch zu validieren.

4.6 Nitratkonzentration im Zellsaft in Abhängigkeit von N-Düngung und Wachstumsverlauf

Die Nitratkonzentration im Zellsaft kann als Indikator für den aktuellen N-Ernährungszustand der Pflanze dienen und Hinweise für die Optimierung der Stickstoffdüngung liefern. Auf Flächen des Stickstoffsteigerungsversuches Callenberg (s. Punkt 4. 4) wurde in den Jahren 1997 und 1998 untersucht, wie sich die Nitratkonzentration im Zellsaft in Abhängigkeit von der Höhe der N – Düngung im Verlauf des Wachstums entwickelt. Die Messungen der Nitratkonzentration des Pflanzensaftes erfolgten in etwa zehntägigem Abstand an äußerlich trockenem Pflanzenmaterial zu den in Tabelle 42 ersichtlichen Terminen. Die Notwendigkeit des früheren Beginns der Messungen im Jahr 1998 ergab sich aus dem fortgeschritteneren Stadium der Vegetation.

Tabelle 42: Termine der Messung des Nitratgehaltes im Pflanzensaft des Hanfstängels, Praxisversuch Callenberg 1997 und 1998

Termin	1997	1998
T 1	-	16.06.
T 2	30.06.	25.06.
T 3	10.07.	06.07.
T 4	21.07.	16.07
T 6	02.08.	27.07.
T 7	11.08.	06.08.
T 8	20.08.	17.08
T 8	01.09.	26.08.
T 9	08.09.	04.09.

Zur Messung wurde je Düngungsvariante an drei (1997) bzw. fünf (1998) Stellen der Versuchspartzele je eine Einzelpflanze entnommen, die im Habitus dem Durchschnitt des sie umgebenden Bestandes entsprach. Zu Gewinnung des Pflanzensaftes diente ein etwa 20 cm

langer Abschnitt aus der Mitte des Stängels, der zerkleinert und mit einer Handpresse ausgepresst wurde. Nach Verdünnung des Saftes mit destilliertem Wasser im definiertem Verhältnis 1:20 bzw. 1:30 erfolgte die Bestimmung des Nitratgehaltes mit dem Reflektometer Nitrachek (Hermann Wolf GmbH & Co. KG). Die Verdünnung war notwendig, um die Messungen im optimalen Messbereich des Reflektometers durchführen zu können.

Abbildung 32 zeigt die Entwicklung der Nitratkonzentration im Saft des Hanfstängels in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung. Die Messergebnisse vergleichbarer Termine beider Untersuchungsjahre wurden zu den Terminen T 2 bis T 9 zusammengefasst. Zu diesen Terminen wiesen die Pflanzen annähernd die gleichen Entwicklungsstadien auf. Der Messtermin T1 beinhaltet nur einjährige Ergebnisse aus dem Jahr 1998, da für diesen frühen Termin 1997 der Hanf noch sehr klein war und keine Messungen vorgenommen werden konnten.

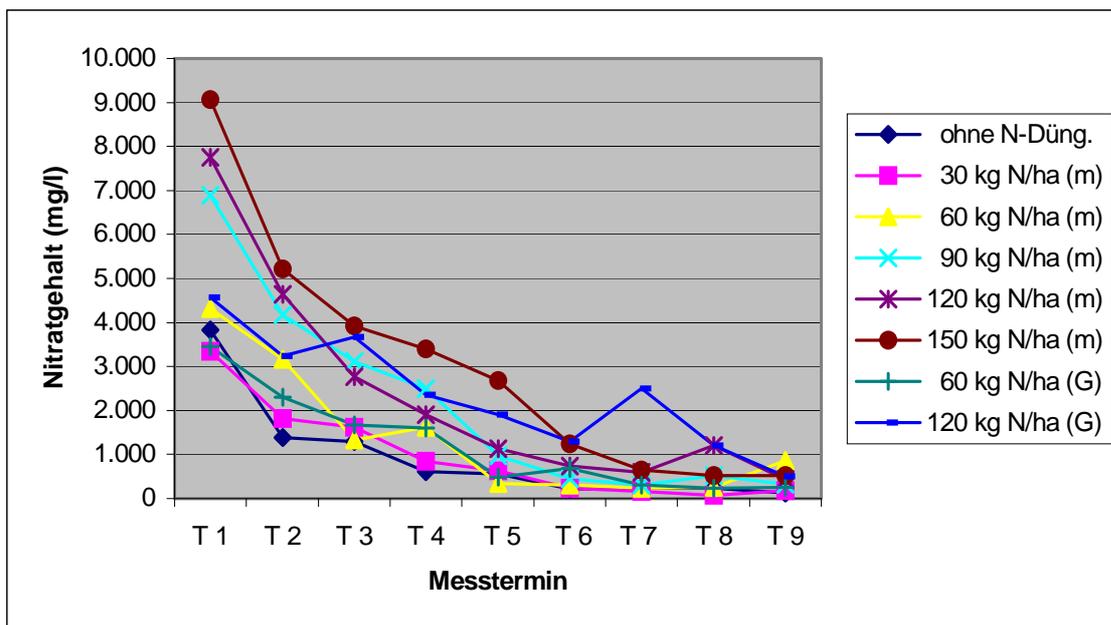


Abbildung 32: Entwicklung des Nitratgehaltes im Saft des Hanfstängels in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung, Praxisversuch Callenberg, Mittel 1997/98

Die Grafik zeigt, dass zu Beginn der Messperiode vor allem bei Hanf der höher gedüngten Varianten eine sehr hohe Nitratkonzentration vorhanden war, die zunächst sehr schnell, dann immer langsamer abnahm. Besonders auf den weniger intensiv gedüngten bzw. ungedüngten Parzellen wurde etwa ab Anfang August (Termin T 6) ein Niveau erreicht, das auf eine Stickstoff-Unterversorgung schließen lässt. Die Ergebnisse sind geeignet, um Richtwerte des N-Ernährungsstatus der Pflanze für optimale Erträge und Faserqualitäten abzuleiten. Dies könnten die Nitratkonzentrationen bei einer N-Düngung von 90 kg N/ha sein.

Die Ergebnisse zur Nitratkonzentration im Zellsaft des Hanfstängels in Abhängigkeit von Stickstoffdüngung und Wuchsstadien können zusammen mit den Ergebnissen der Untersuchungen zur Entwicklung von Ertrags- und Faserqualitätsmerkmalen als Grundlage für ein Modell zur Prognose von Faserertrag und -qualität dienen. Dazu sind weitere Erprobungen und Untersuchungen erforderlich.

4.7 Einfluss des Hanfanbaus auf den Nitratgehalt des Bodens

Bei der Bemessung der Stickstoffgaben sind neben der ertrags- und qualitätsbeeinflussenden Komponente auch der Einfluss der N-Düngung auf die Stickstoffhinterlassenschaft nach der Ernte und die damit verbundene mögliche Belastung des Grundwassers zu beachten. Um Erkenntnisse zu diesem Sachverhalt zu gewinnen, wurden 1997 und 1998 die Boden - N_{\min} - Gehalte (kg N_{\min} /ha) der Fläche des Stickstoffsteigerungsversuches Callenberg (s. Punkt 4. 4) bestimmt. Die Probenahmen erfolgten vor der Aussaat als Durchschnittsprobe von der Gesamtfläche und nach der Hanfernte parzellenweise in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung. Die Bodenuntersuchungen ergaben die in Tabelle 43 dargestellten N_{\min} -Werte vor der Aussaat bzw. nach der Ernte des Hanfs.

Der N_{\min} - Gehalt des Bodens entwickelte sich in den beiden Untersuchungsjahren bei vergleichbarem Ausgangsniveau unterschiedlich. Die etwas höheren N_{\min} -Werte nach der Ernte 1997 sind auf die vergleichsweise trockenere und kühlere Witterung dieses Jahres zurückzuführen, die eine verzögerte Stickstoffumsetzung im Boden und eine geringere Stickstoffaufnahme durch die Pflanzen als 1998 bewirkte.

Tabelle 43: Boden - N_{\min} - Gehalte (kg N_{\min} /ha) von Hanfanbauflächen vor der Aussaat und nach der Ernte in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung, Praxisversuch Callenberg 1997/98

	1997	1998	Mittel 1997/98
	N_{\min} vor der Aussaat (Gesamtfläche)		
	61	58	59,5
Düngungsvarianten	N_{\min} nach der Ernte		
ohne N	52	21	36,5
30 kg N/ha (mineral.)	40	37	38,5
60 kg N/ha (mineral.)	47	22	34,5
90 kg N/ha (mineral.)	63	35	49,0
120 kg N/ha (mineral.)	73	44	58,5
150 kg N/ha (mineral.)	48	49	48,5
60 kg N/ha (Gülle-MDÄ)	48	55	51,5
120 kg N/ha (Gülle-MDÄ)	56	51	53,5
Mittel	53	39	46

Die Höhe der N-Gabe hatte nur 1998 einen deutlichen Einfluss auf den Nitratgehalt des Bodens nach der Ernte, wobei die mit geringen Mineraldüngermengen gedüngten Parzellen sehr niedrige N_{\min} -Werte aufwiesen. Der 1997 gemessene relativ geringe N_{\min} -Wert der Variante 150 kg N/ha mineralisch ist möglicherweise auf einen Probenahmefehler (Probenahme auf benachbarter Parzelle 60 kg N – Gülle) zurückzuführen.

Aus den Ergebnissen der Untersuchungen ist abzuleiten, dass der N_{\min} - Vorrat im Boden nach der Ernte des Hanfs in einem Bereich liegt, der keine bzw. bei hohen mineralischen N-Gaben nur eine geringe Gefahr von Nitratauswaschungen in das Grundwasser befürchten lässt. Hanfanbau und die damit verbundene Stickstoffdüngung belasten das Grundwasser nicht stärker als der Durchschnitt anderer landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Bei Hanfanbau mit moderater N-Düngung (60 bis 90 kg N/ha) ist nach der Ernte mit einer geringen Nitratkonzentration im Boden zu rechnen. Unter solchen Voraussetzungen ist der Hanfanbau auch in trinkwassersensiblen Gebieten gerechtfertigt.

4.8 Verfahrenskette zur Faserhanfernte - Mähtechnik

Für die moderne Verfahrenskette „Produktion von Kurzfasern“ sind neue Ernteverfahren in der Entwicklung und Erprobung (GOTTWALD, 1996; LOHMEYER, 1996). Nach dem bisherigen Stand sind das Mähen und Einkürzen des Stängels sowie eine 2 – 3 wöchige Feldröste mit Wenden der Stängel notwendige Verfahrensschritte. In Sachsen wurden hierzu verschiedene Maschinensysteme erprobt.

Mähen des Hanfs

Erste Mähversuche wurden bereits 1996 auf Versuchsfeldern mit herkömmlichen Futtererntemaschinen (Schwadmäher E 301, Feldhäcksler E 280, z. T. modifiziert) durchgeführt, die sich aber als nicht geeignet bzw. unzureichend einsatzsicher erwiesen. Lediglich am Traktor angebrachte **Anbaumähbalken** waren in der Lage, den Hanf weitgehend störungsfrei zu mähen und breitflächig auf dem Feld abzulegen. Die Hanfstängel behalten dabei ihre volle Länge. Die beim Einsatz des Anbaumähbalkens entstehenden Kosten und die erreichbare Flächenleistung zeigt Tabelle 44.

Hanfverarbeiter fordern, dass die langen Hanfstängel vor der Verarbeitung eingekürzt werden müssen (FRANK, 1996; HENDRIKS, 1996). Deshalb wurde nach Möglichkeiten gesucht, die Einkürzung kostengünstig bereits auf dem Feld in einem Arbeitsgang mit dem Mähvorgang durchzuführen. Mit diesem Ziel kam ein Versuchsmuster eines **Stufenmähwerkes** (Entwickler: Dr. Scholz GmbH Dresden) zum Einsatz. Dieses mäht den Hanf mit einem Mähbalken ca. 15 cm über dem Boden ab, die abgeschnittenen Hanfstängel fallen nach hinten in ein versetzt angebrachtes, schräg nach oben gerichtetes Doppelmessermähwerk, das die Stängel in der Mitte nochmals zerschneidet. Die ermutigenden Ergebnisse des Einsatzes dieses noch mit konstruktiven Mängeln behafteten Versuchsmusters führten zum Stufenmähwerk SMU 2 (Abbildung 33).



Abbildung 33: Stufenmähwerk SMU 2 beim Mähen und Einkürzen von Hanf

Beim Stufenmäherwerk SMU 2 ist ein frontseitig am Traktor angebauter Mähbalken stufenlos höhenverstellbar. Er kann den Hanf in jeder gewünschten Höhe (optimal bei halber Wuchshöhe des Hanfbestandes) abmähen. Das Mähgut fällt auf die noch stehenden, geköpften Stängel. Ein am Heck des Traktors angebautes Mähwerk schneidet anschließend die Stängel in Bodennähe ab. Im Ergebnis liegen die eingekürzten Hanfstängel breitflächig und locker auf dem Feld. Dadurch sind gute Voraussetzungen für den anschließenden Röstprozess gegeben. Diese Erntemaschine ist mit gutem Erfolg in den Großversuchen und auf größeren Anbauflächen eingesetzt worden.

Beim Einsatz des Stufenmähwerkes ist mit den in Tabelle 44 aufgeführten Kosten und Flächenleistungen zu rechnen. An der Weiterentwicklung des Stufenmähwerkes SMU 2 wird mit dem Ziel einer noch stärkeren Einkürzung der Hanfstängel durch drei Schnittebenen gearbeitet. Inzwischen präsentierte die Firma AKE INNOTECH Lichtentanne ein Stufenmäherwerk mit zwei Schnittebenen in vereinfachter konstruktiver Ausführung. Ergebnisse zu Leistung und Kosten liegen noch nicht vor.

Im Rahmen der sächsischen Hanffeldtage kamen weitere Hanferntemaschinen (modifizierte Häcksler, Hanfmähvorsatz Blücher 02, Conditioneuse) kurzzeitig zum Einsatz, zuverlässige Daten zu deren Leistung und Einsatzkosten liegen noch nicht vor.

Bearbeitung des gemähnten Hanfstrohes und Feldröste

Ein Wenden von breitflächig auf dem Feld liegendem, ungeröstetem Hanfstroh, wie es Anbaumähbalken und Stufenmäherwerk hinterlassen, ist kaum möglich. Erst bei fortgeschrittener Röste, wenn das Material trocken und die Stängel brüchig geworden sind, kann der Hanf mit praxisüblichen Einstern-Kreiselschwadern (Abbildung 34) geschwadet werden. Dadurch wird gleichzeitig auch ein Wendeeffekt erreicht.



Abbildung 34: Einstern - Kreiselschwader beim Schwaden von geröstetem Hanfstroh

Bei trockener Witterung können die Schwade noch einige Tage auf dem Feld verbleiben, um eine ausreichende Röste aller Stängel zu erreichen. Das Wenden des Schwades mit dem Einstern-Kreiselschwader ist möglich. Häufiges Wenden führt aber vor allem bei nicht eingekürztem Material zu zunehmender Schwadverdichtung.

Der Röstprozess dauert in Abhängigkeit vom gewünschten Röstgrad und der vorherrschenden Witterung unter sächsischen Bedingungen drei bis fünf Wochen. In den Jahren 1997 und 1998 konnte anhand der durchgeführten Ernterversuche beobachtet werden, dass bei später Hanfmahd, oft verbunden mit nachfolgender kühler Witterung, der Röstprozess der Hanfstängel verzögert einsetzte und ein akzeptabler Röstgrad erst gegen Ende Oktober erreicht war. In dieser Jahreszeit ist eine ausreichende Trocknung des Röststrohes auf dem Feld deutlich erschwert. Das Risiko des Verderbs des Erntegutes bzw. der Ernte zu feuchten Materials steigt. Dies unterstreicht die Forderung nach einem frühen Erntebeginn ab Blüte.

Bergung des Hanfstrohes

Zum Pressen des Hanfstrohes wurden Festkammer-Rundballenpressen verwendet. Untersuchungen ergaben, dass bei einem Hanfröststrohertrag von etwa 70 dt/ha (V-Standort Adorf/Erzgeb.) eine Flächenleistung von 1,95 ha/Stunde in der Grundzeit, aber nur von 0,9 ha/Stunde einschließlich der Zeiten für die Ballenablage, ohne Störzeiten, erreicht wurde. Bei höheren Erträgen ist mit noch geringeren Flächenleistungen zu rechnen.

Diese gegenüber vergleichbaren Quaderballenpressen geringen Flächenleistungen resultieren in erster Linie aus den bei Rundballenpressen notwendigen Hilfszeiten für die Ballenablage, die einen ähnlichen Umfang haben wie die Grundzeit. Beim Einsatz von leistungsfähigeren Quaderballenpressen kann es bei der Ernte uneingekürzter Hanfstängel vorkommen, dass jeweils mehrere Hanfstängel in zwei aufeinanderfolgende Ballen eingepresst werden. Dadurch sind die Ballen miteinander verbunden und werden hinter der Presse hergezogen. Der Einsatz von Quaderballenpressen ist deshalb nur zur Bergung von Hanf, der bereits beim Mähvorgang eingekürzt wurde, zu empfehlen. Es zeichnet sich ab, dass Erstverarbeiter zukünftig vor allem eingekürztes Hanfstroh einsetzen werden. Die Hanfstrohbergung mit leistungsfähigen Quaderballenpressen gewinnt deshalb an Bedeutung.

Die Bergung des Hanfs findet in der Regel erst Ende September – Anfang Oktober und somit unter oft ungünstigen Witterungsbedingungen und erhöhtem Ernterisiko statt. Eine Risikominderung ist durch den Einsatz einer erhöhten Anzahl Pressen erreichbar. Da die Getreidestrohernte zum Zeitpunkt der Hanfernte meist abgeschlossen ist, sollten ausreichend Pressen zur Verfügung stehen. Eine Vorverlegung des gesamten Hanfernteprozesses um etwa zwei bis drei Wochen würde das Ernterisiko mindern.

Das Verfahren der Hanfernte hat einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität des Erntegutes. Hanferstverarbeiter formulieren in zunehmenden Maße ihre Anforderungen an die Beschaffenheit des Erntegutes. An diesen Parametern sind die Ernteverfahren auszurichten. Inzwischen existieren in geringen Stückzahlen bzw. als Unikate verschiedene neuartige Hanferntemaschinen, die Hanf mähen und in unterschiedlicher Weise bearbeiten (einkürzen, quetschen). Es ist zu prüfen, inwieweit diese Verfahren für verschiedene Produktlinien der Faseraufbereitung geeignet sind.

Kosten der Hanfernte

In Tabelle 44 sind die bei der Hanfernte (Varianten Anbau-Mähbalken und Stufenmäherwerk) anfallenden Kosten und die bei der Durchführung der Arbeitsschritte erreichbaren Flächenleistungen dargestellt. Danach ist von einem relativ preiswerten Ernte- und Bergungsverfahren auszugehen. Gleichzeitig wird deutlich, dass das Pressen der leistungsbegrenzende Verfahrensschritt ist. Hier ist in künftigen Anbau- und Verwertungszentren eine entsprechende Schlagkraft abzusichern.

Tabelle 44: Kosten und Flächenleistungen bei der Hanfernte

Ernteverfahren/Arbeitsschritte	Kosten einschl. Lohnkosten (DM/ha)	Leistung (ha/Std.)
Ernte mit Anbau-Mähbalken		
Mähen	65	1,5 - 2,0
Schwaden	50	1,6
Pressen (Festkammer- Rundballenpresse)	250	0,7 - 0,9
gesamt:	365	
Ernte Anbau-Stufenmähwerk SMU 2		
Mähen u. Einkürzen	85	1,5 - 2,0
Schwaden	50	1,6
Pressen (Festkammer- Rundballenpresse)	250	0,7 - 0,9
gesamt:	385	

Bei ungünstiger Witterung können zusätzliche Arbeitgänge (schwadwenden) erforderlich sein, die Mehrkosten von jeweils etwa 50,- DM/ha verursachen.

4.9 Wirtschaftlichkeit Faserhanf

Nachfolgend werden die bei Faserhanfanbau entstehenden Kosten und die erzielbaren Erlöse gegenübergestellt und ein Deckungsbeitrag berechnet.

Kosten

Ausgehend von Ergebnissen der großflächigen Hanfanbauversuche, aktueller Saatgut- und Düngerpreise sowie unter Verwendung von Literaturangaben (KTBL, 1998 a u. b) ist bei Anbau von Hanf zur Fasergewinnung mit folgenden Kosten zu rechnen:

Anbaukosten

Bodenbearbeitung und Aussaat (Pflügen, Saatbettbereitung, Drillen)	250,- DM/ha
Saatgut (40 kg/ha x 6,50 DM/kg)	260,- DM/ha
Dünger und Düngerausbringung (Mehrnährstoffdünger 90 kg N, 90 kg P ₂ O ₅ und 90 kg K ₂ O/ha)	240,- DM/ha
Anbaukosten gesamt:	750,- DM/ha

Kosten für Ernte, Transport und Lagerung

In Tabelle 45 sind die Kosten für die Ernte, den Transport des Erntegutes in das Lager sowie die Lagerkosten zusammengefasst. Die Erntekosten wurden Tabelle 44 entnommen, die Transportkosten beruhen auf einer Kalkulation beim Einsatz von Traktoren mit zwei Anhängern bei einer mittleren Transportentfernung von zehn Kilometern und der Be- und Entladung mit Radladern. Für die Ermittlung der Lagerkosten wird eine im Durchschnitt viermonatige Lagerung in gemieteten landwirtschaftlichen Lagerhallen bei einem Mietpreis von 2,- DM je Quadratmeter und Monat unterstellt.

Tabelle 45: Kosten der Hanfernte einschließlich Transport und Lagerung

Ernteverfahren	Kosten Ernte- verfahren (DM/ha)	Kosten Transport und Lagerung (DM/ha)	Gesamtkosten Ernte, Transport, Lagerung (DM/ha)
Anbaumähbalken	365	350	715
Stufenmähwerk SMU 2	385	350	735

Erlöse

Die für den Landwirt möglichen Erlöse aus dem Verkauf des Hanfröststrohes sind bei Unterstellung eines in mittleren Anbaulagen Sachsens erreichbaren Hanfröststrohertrages von 80 dt/ha sowie der angewandten Ernteverfahren, die unterschiedliche Hanfröststrohqualitäten produzieren, in Tabelle 46 dargestellt. Es wird davon ausgegangen, dass für eingekürztes Hanfstroh wegen besserer Verarbeitbarkeit ein höherer Erlös zu erzielen ist. Neben den Einnahmen aus dem Verkauf des Hanf-Röststrohes kann der Landwirt mit Einnahmen aus der EU-Hanfbeihilfe rechnen. Für das Wirtschaftsjahr 1999/2000 beträgt sie 1.296,48 DM/ha. Sie ist an die Einhaltung von Bedingungen gebunden, die in einem jährlich aktualisierten Merkblatt (AUTORENKOLLEKTIV, 1999) aufgeführt sind.

Tabelle 46: Erlöse für den Landwirt aus dem ab-Hof-Verkauf des Hanf-Röststrohes

Ernteverfahren	Verkaufserlöse (DM/ha)
Anbau-Mähbalken	960 DM/ha (8.000 kg Röststroh/ha x 0,12 DM/kg)
Stufenmähwerk SMU 2	1280 DM/ha (8.000 kg eingekürztes Röststroh/ha x 0,16 DM/kg)

Die Deckungsbeitragsrechnung in Tabelle 47 geht von der im Wirtschaftsjahr 1999/2000 gültigen Hanfbeihilfe aus.

Tabelle 47 : Deckungsbeitragsrechnung für den Hanfanbau bei Berücksichtigung verschiedener Ernteverfahren und Verkaufserlöse bei einem Röststrohertrag von 80 dt/ha

Ernteverfahren	Kosten Anbau (DM/ha)	Kosten Ernte, Transport, Lagerung (DM/ha)	Verkaufs- erlös (DM/ha)	Hanfbeihilfe WJ 1999/00 DM/ha	Deckungs- beitrag DM/ha
Anbau-Mähbalken	750	715	960	1.296	791
Stufenmähwerk SMU 2	750	735	1.280	1.296	1.091

Bei den unterstellten Bedingungen (Tabelle 47) sind Deckungsbeiträge von über 1000 DM/ha zu erzielen. Auf besseren Standorten sind höhere Erträge von bis zu 100 dt Röststroh/ha zu erwarten. Unter Berücksichtigung etwas steigender Kosten für Ernte, Transport und Lagerung kann dann mit 150 – 250 DM/ha höheren Deckungsbeiträgen gerechnet werden. Unter diesen Voraussetzungen ist der Hanfanbau mit dem Anbau anderer Marktfrüchte konkurrenzfähig..

In der Kalkulation wurden die vielfältigen positiven Wirkungen des Hanfanbaues auf Fruchtfolge und Bodenfruchtbarkeit nicht berücksichtigt, obwohl sie einen geldwerten Vorteil darstellen.

Durch die bevorstehende Reform der Faserpflanzenbeihilfen wird die Hanfbeihilfe voraussichtlich auf 768 DM/ha reduziert. Neue Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit des Hanfanbaus sind deshalb erforderlich. Kalkulationen belegen, dass der Deckungsbeitrag bei sinkender Beihilfe um etwa 50 Prozent zurückgehen wird.

Die Integrierung der Erstverarbeitung des Hanfs und der daraus resultierenden zusätzlichen Wertschöpfung in den Bereich der Landwirtschaft kann dazu beitragen, dass der Hanfanbau weiterhin konkurrenzfähig ist (siehe Punkt 5). Für eine auch in Zukunft gegebene Wettbewerbsfähigkeit des Hanfs spricht auch die sich abzeichnende Verbreiterung des Verwendungsspektrums von Hanffasern in technischen Einsatzbereichen. Eine steigende Nachfrage auf diesem Gebiet ist bereits zu beobachten. Vor allem aber durch ständige Erhöhung der Qualität der verarbeiteten Fasern und deren bessere Anpassung an die Anforderungen von Weiterverarbeitern verschiedener Produktlinien ist zu erwarten, dass für Fasern höhere Preise zu realisieren sind. Die damit verbundenen höheren Erlöse sollten auch dem Rohstoffproduzenten zugute kommen.

5 Anbaupotenzial für Faserpflanzen im Freistaat Sachsen

In diesem Abschnitt wird das wirtschaftlich-technische Anbaupotential für Faserlein und Hanf untersucht. Als wirtschaftliche Rahmenbedingungen werden die Endstufe der reformierten Faserpflanzenbeihilfe, die 2006 in Kraft tritt, gewählt. Es wird davon ausgegangen, dass dies die mittelfristigen Rahmenbedingungen der Beihilfe sind. Die Potentialabschätzung der Anbaufläche erfolgt weiter unter der Prämisse, dass die Erstverarbeitung der Faserpflanzen Bestandteil der landwirtschaftlichen **Wertschöpfungskette** ist. Unter diesen Vorgaben wird geprüft, welche Anbauflächen Flachs und Hanf in den landwirtschaftlichen Vergleichsgebieten (Tabelle 48, Anlage 1) in Konkurrenz zu etablierten Marktfrüchten bei variierten Faserpreisen einnehmen können.

Tabelle 48: Landwirtschaftliche Vergleichsgebiete des Freistaates Sachsen

Nummer	Landwirtschaftliches Vergleichsgebiet
1	Lausitzer Heide- und Teichgebiet
2	Lausitzer Platte, Oberlausitzer Bergland und Zittauer Becken
3	Elbsandsteingebirge und Zittauer Bergland
4	Nördliche Erzgebirgsabdachung
5	Erzgebirgskamm
6	Zwickauer - Chemnitzer Hügelland
6a	Elsterbergland
7	Mittelsächsisches Hügelland
8	Mittelsächsische Platte
9	Leipziger Tieflandsbucht
10	Düben - Dahleener Heide
11	Sächsische Elbtalniederung

Kalkulationsgrundlagen

Grundlage der Kalkulationen sind die in den landwirtschaftlichen Vergleichsgebieten vorhandenen Ackerflächen sowie nach Vergleichsgebieten differenzierte Berechnungen zu Deckungsbeiträgen der Faserpflanzen und der konkurrierenden Marktfrüchte Winterweizen und Wintergerste.

Abgeleitet aus Versuchsergebnissen und statistischen Erhebungen werden für die Vergleichsgebiete typische Erträge für Faserpflanzen und Getreide ausgewiesen (Tabelle 49).

Tabelle 49: Erträge von Faserpflanzen und Getreide in den landwirtschaftlichen Vergleichsgebieten des Freistaates Sachsen

landwirtschaftl. Vergleichsgebiet	Flachsröststroh, geriffelt (dt/ha)	Hanfröststroh, ohne Blätter und Samen (dt/ha)	Winterweizen (dt Korn/ha)	Wintergerste (dt Korn/ha)
1	36,0	57,4	43,0	46,0
2	52,0	90,2	59,0	60,0
3	52,0	82,0	52,0	55,0
4	60,0	82,0	55,0	58,0
5	60,0	57,4	37,0	40,0
6	60,0	82,0	57,0	57,0
6a	56,0	73,8	52,0	55,0
7	60,0	98,4	62,0	62,0
8	48,0	98,4	67,0	67,0
9	48,0	90,2	65,0	65,0
10	36,0	57,4	47,0	50,0
11	40,0	73,8	55,0	55,0

Die verwendeten Getreideerträge und variablen Kosten der Getreideproduktion (Anbau-Ernte- und Lagerkosten) wurden der Datensammlung „Deckungsbeiträge der Pflanzen- und Tierproduktion im Freistaat Sachsen“, AUTORENKOLLEKTIV 1996, entnommen. Die Faserpflanzenerträge beruhen auf Versuchsergebnissen, Praxiserfahrungen und vergleichenden Schätzungen. Die Kosten für Anbau, Ernte und Lagerung von Flachs und Hanf basieren auf dem modernen Verfahren der Wirrstrohtechnologie. Der Aufbereitung zu Kurzfasern liegen die Kosten von Anlagen zugrunde, welche die Fasern nach mechanischen Prinzipien aufschließen. Differenziert nach Vergleichsgebieten ergeben sich je nach Ertragshöhe insgesamt (Anbau, Ernte und Fasergewinnung) Kosten von 2.692,- bis 3.820,- DM/ha (Flachsfaser) bzw. 2.091,- bis 2.870,- DM/ha (Hanffaser).

Als Erlöse werden die in Tabelle 50 zusammengestellten, für 2006 erwarteten Preise und Beihilfen angenommen.

Tabelle 50: Berechnungsgrundlagen für die Ermittlung des wirtschaftlich-technischen Anbaupotenzials für Faserpflanzen im Freistaat Sachsen (Wirtschaftsjahr 2006)

Verkaufspreis Flachskurzfasern (Mischpreis 50 % textile u. 50 % technische Fasern)	3,00 DM/kg
Verkaufspreis Hanfkurzfasern (nur technische Fasern)	1,30 DM/kg
Verkaufspreis Flachs- und Hanfschäben	0,10 DM/kg
Verkaufspreis Qualitätswinterweizen	21,00 DM/dt
Verkaufspreis Wintergerste	18,00 DM/dt
Flachsbeihilfe	768 DM/ha
Hanfbeihilfe	768 DM/ha
Getreidebeihilfe	768 DM/ha

Relative Vorzüglichkeit des Faserpflanzenanbaus gegenüber dem Marktfruchtgetreideanbau im Wirtschaftsjahr 2006

Im Ergebnis dieser Analyse ergeben sich die in Tabelle 51 dargestellten wirtschaftlichen Konkurrenzverhältnisse zwischen Flachs, Hanf und Getreide in den landwirtschaftlichen Vergleichsgebieten unter den angenommenen Rahmenbedingungen des Wirtschaftsjahres 2006. Die gezeigte relative Vorzüglichkeit des Faserpflanzenanbaus gegenüber dem Winterweizen- und Wintergerstenanbau resultiert aus den Differenzen der mit den jeweiligen Fruchtarten standortbezogen erreichbaren Deckungsbeiträgen.

In den Vergleichsgebieten 2 bis 7 können durch Flachsanbau einschließlich Erstverarbeitung deutlich höhere Deckungsbeiträge je Hektar Anbaufläche erwirtschaftet werden als mit Marktfruchtgetreideanbau. Das Vergleichsgebiet 5 ist mit seinen Mittelgebirgslagen besonders für Anbau und Verarbeitung von Flachs geeignet. Aber auch in den Vergleichsgebieten 6, 4, 6a und 7 ist Flachs in hohem Maße konkurrenzfähig gegenüber Marktfruchtgetreide. In den Vergleichsgebieten 2 und 3 fällt die relative Vorzüglichkeit des Flachsbaus vergleichsweise geringer aus, dennoch ist Flachs hier noch anbauwürdig. Dagegen kann Flachsanbau einschließlich Erstverarbeitung in den Vergleichsgebieten 1, 8, 9, 10 und 11 kaum wirtschaftliche Vorteile gegenüber dem Marktfruchtgetreideanbau bringen.

Tabelle 51: Relative Vorzüglichkeit des Faserpflanzenanbaus (einschließlich Erstverarbeitung im Bereich Landwirtschaft) gegenüber Marktfruchtgetreideanbau, ab Wirtschaftsjahr 2006

landwirtschaftliches Vergleichsgebiet	Flachsanbau		Hanfanbau	
	relative Vorzüglichkeit zu Winterweizen (DM/ha)	relative Vorzüglichkeit zu Wintergerste (DM/ha)	relative Vorzüglichkeit zu Winterweizen (DM/ha)	relative Vorzüglichkeit zu Wintergerste (DM/ha)
1	15	-1	-27	-43
2	432	450	510	528
3	455	504	375	424
4	688	755	353	420
5	967	971	159	163
6	757	782	422	447
6a	645	687	280	322
7	637	674	618	655
8	147	187	511	551
9	180	215	386	421
10	-46	-39	-88	-81
11	71	92	216	237

Bei Hanf wird eine geringere relative Vorzüglichkeit gegenüber Getreide erreicht als bei Flachs. Die größte Anbauwürdigkeit besitzt Hanf im Vergleichsgebiet 7, wo er auf Böden mittlerer Qualität infolge günstiger klimatischer Bedingungen mit hohen Niederschlägen und ausreichenden Temperaturen Höchstserträge erreicht. Auf noch besseren Standorten (Vergleichsgebiete 8 und 9) kann Hanf zwar auch mit hohen Erträgen überzeugen, jedoch sind diese Standorte auch vorzüglich für den hochertragreichen Qualitätsgetreide- und Zuckerrübenanbau geeignet. Trotzdem ist der Hanfanbau auf diesen Standorten unter den angenommenen Rahmenbedingungen wettbewerbsfähig. Auch in den Vergleichsgebieten 2, 3, 4, 6, 6a und 11 kann der Hanf mit Marktfruchtgetreide konkurrieren. Dagegen zeigt der Hanf auf Standorten mit geringwertigeren, wenig wasserspeichernden Böden und geringen Niederschlägen (Vergleichsgebiete 1 und 10) eine sehr geringe Konkurrenzfähigkeit gegenüber anderen Marktfrüchten. Auf solchen Standorten ist in trockenen Jahren mit deutlichen Mindererträgen zu rechnen. In den Mittelgebirgslagen des Vergleichsgebietes 5

können in warmen Jahren hohe Hanferträge erreicht werden. Infolge der dort geringen Getreidedeckungsbeiträge ist auch eine relative Vorzüglichkeit des Hanfanbaus vorhanden. In Jahren mit geringen Sommertemperaturen muss aber mit Mindererträgen und unzureichender Ausreife gerechnet werden. Deshalb wird Hanf bei der Berechnung des Anbaupotentials im Vergleichsgebiet 5 nicht berücksichtigt.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass sich der Anbau von Flachs und Hanf unter Einschluss der Erstaufbereitung auf geeigneten Standorten wirtschaftlich lohnen kann.

Anbaupotential für Flachs und Hanf unter den Bedingungen des Wirtschaftsjahres 2006

Bei der Bestimmung der potenziellen Anbaufläche werden nur jene Vergleichsgebiete ausgewiesen, in denen der Deckungsbeitrag für Flachs einschließlich Faseraufbereitung um mehr als 250 DM/ha über dem von Getreide liegt. Die Anbauwürdigkeit des Hanfes ist ab einer wirtschaftlichen Vorteilswirkung von mehr als 100 DM/ha gegeben. Die unterschiedlichen Grenzwerte berücksichtigen, dass Hanf bessere Vorfruchtwerte als Flachs aufweist. Eine weitere Anbaurestriktion ist die beim Flachs aus phytosanitären Gründen einzuhaltende sechsjährige Anbaupause. Ebenso scheiden Felder mit hohem Unkraut- und Steinbesatz aus. Ferner wird von einer gewissen Anbaukonzentration um die künftigen Verarbeitungsanlagen ausgegangen. Unter Berücksichtigung der genannten Gesichtspunkte wird die potenzielle Anbaufläche für Flachs und Hanf und das mögliche Faseraufkommen in den landwirtschaftlichen Vergleichsgebieten geschätzt (Tabelle 52).

Tabelle 52: Anbaupotenzial für Faserpflanzen und mögliches Faseraufkommen in den landwirtschaftlichen Vergleichsgebieten des Freistaates Sachsen, ab Wirtschaftsjahr 2006

	landwirtschaftliches Vergleichsgebiet	mögl. Flachs-anbaufläche (ha/Jahr)	mögl. Flachs-faseraufkommen (t/Jahr)	mögl. Hanf-anbaufläche (ha/Jahr)	mögl. Hanf-faseraufkommen (t/Jahr)
1	Lausitzer Heide- und Teichgebiete	0	0	0	0
2	Lausitzer Platte, Zittauer Becken, Oberlaus. Bergl.	2.799	3.930	7.838	19.795
3	Elbsandsteingebirge und Zittauer Gebirge	1.040	1.460	1.455	3.342
4	Nördliche Erzgebirgsabdachung	3.375	5.468	2.835	6.510
5	Erzgebirgskamm	2.299	3.724	0	0
6	Zwickauer-Chemnitzer Hügelland	2.839	4.599	3.180	7.301
6a	Elsterbergland	2.491	3.767	1.395	2.883
7	Mittelsächsisches Hügelland	5.139	8.326	5.756	15.859
8	Mittelsächsische Platte	0	0	12.043	33.181
9	Leipziger Tieflandsbucht	0	0	5.725	14.459
10	Düben-Dahlener Heide	0	0	0	0
11	Sächsische Elbtalniederung	0	0	546	1.129
	Sachsen insgesamt	19.982	31.274	40.773	104.459

Unter diesen Voraussetzungen würde 2006 im Freistaat Sachsen auf etwa 20.000 Hektar pro Jahr ein wettbewerbsfähiger Flachsanzbau möglich sein, der zu einem jährlichen Flachsfaseraufkommen von etwa 31.000 Tonnen führen könnte (Tabelle 52).

Das Hanfanbaupotenzial könnte unter den für 2006 unterstellten Rahmenbedingungen bei etwa 41.000 ha Anbaufläche liegen. Im Ergebnis wäre ab 2006 - entsprechende Erstverarbeitungskapazitäten und ein aufnahmebereiter Markt für die erzeugten Fasern und Schäben vorausgesetzt - im Freistaat Sachsen ein Hanffaseraufkommen von jährlich über 100.000 t denkbar.

Auswirkungen geringerer Faserpreise auf die relative Vorzüglichkeit des Faserpflanzenanbaus und das Anbaupotential

Die bisherigen Berechnungen basieren auf den in Tabelle 50 aufgeführten Rahmenbedingungen und Preisen. Dort wird für das Jahr 2006 ein durchschnittlicher Flachsfaserpreis von 3,00 DM/kg und ein mittlerer Hanffaserpreis von 1,30 DM/kg angenommen.

In Tabelle 53 wird aufgezeigt, wie sich geringere durchschnittliche Faserpreise (Flachs 2,60 DM/kg; Hanf 1,10 DM/kg) bei ansonsten unveränderten Rahmenbedingungen und Bewertungsmaßstäben auf die relative Vorzüglichkeit des Faserpflanzenanbaus (einschließlich Erstverarbeitung) gegenüber dem Marktfruchtgetreideanbau auswirken.

Tabelle 53: Relative Vorzüglichkeit des Faserpflanzenanbaus (einschließlich Erstverarbeitung im Bereich Landwirtschaft) gegenüber Marktfruchtgetreideanbau, ab Wirtschaftsjahr 2006, verringerte Faserverkaufspreise

landwirtschaftliches Vergleichsgebiet	Flachsanzbau		Hanfanbau	
	relative Vorzüglichkeit. zu Winterweizen (DM/ha)	relative Vorzüglichkeit zu Wintergerste (DM/ha)	relative Vorzüglichkeit. zu Winterweizen (DM/ha)	relative Vorzüglichkeit zu Wintergerste (DM/ha)
1	-335	-351	-259	-275
2	-74	-56	146	164
3	-51	-2	44	93
4	105	172	22	89
5	384	388	-73	-69
6	174	199	91	116
6a	101	143	-18	24
7	54	91	221	258
8	-319	-279	114	154
9	-286	-251	22	57
10	-396	-389	-320	-313
11	-318	-297	-82	-61

Die in Tabelle 53 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass eine relativ geringe Senkung des realisierbaren Faserverkaufspreises zum drastischen Rückgang der relativen Vorzüglichkeit des Faserpflanzenanbaus führen würde. Bei Flachs wäre ein konkurrenzfähiger Anbau nur noch im Vergleichsgebiet 5 möglich. Hanf wäre im Vergleichsgebiet 7, in geringerem Maße auch in den Gebieten 2 und 8 anbauwürdig. Das Vergleichsgebiet 6 würde zum Grenzstandort für den Hanfanbau.

Diese für die Faserpflanzen erheblich ungünstigeren Wettbewerbsverhältnisse würden sich bei Verwendung gleicher Maßstäbe auch deutlich auf das Anbaupotential auswirken (Tabelle 54).

Tabelle 54: Anbaupotenzial für Faserpflanzen und mögliches Faseraufkommen in den landwirtschaftlichen Vergleichsgebieten des Freistaates Sachsen, ab Wirtschaftsjahr 2006, verringerte Faserverkaufspreise

landwirtschaftliches Vergleichsgebiet		mögl. Flachs-anbaufläche (ha/Jahr)	mögl. Flachs-faseraufkommen (t/Jahr)	mögliche Hanf-anbaufläche (ha/Jahr)	mögliches Hanf-faseraufkommen (t/Jahr)
1	Lausitzer Heide- und Teichgebiete	0	0	0	0
2	Lausitzer Platte, Zittauer Becken, Oberlaus. Bergl.	0	0	1.959	4.949
3	Elbsandsteingebirge und Zittauer Gebirge	0	0	0	0
4	Nördliche Erzgebirgsabdachung	0	0	0	0
5	Erzgebirgskamm	919	1.490	0	0
6	Zwickauer-Chemnitzer Hügelland	0	0	795	1.825
6a	Elsterbergland	0	0	0	0
7	Mittelsächsisches Hügelland	0	0	2.878	7.930
8	Mittelsächsische Platte	0	0	3.011	8.295
9	Leipziger Tieflandsbucht	0	0	0	0
10	Düben-Dahlener Heide	0	0	0	0
11	Sächsische Elbtalniederung	0	0	0	0
Sachsen insgesamt		919	1.490	8.643	22.999

Das Anbaupotential für Hanf würde sich in Sachsen auf etwa 8.600 ha, das mögliche Hanffaseraufkommen auf ca. 23.000 ha verringern. Dies sind aber immer noch beachtliche Größenordnungen. Bei Flachs würden sich Anbaufläche und Faseraufkommen auf ca. 900 ha bzw. 1.500 t reduzieren. Der Flachs-anbau wäre auf die Region Erzgebirge beschränkt.

Die Betrachtungen zum Anbaupotential lassen erkennen, dass bei Faserpflanzen im gesamten Produktionsprozess vom Anbau bis zur Fasergewinnung und –aufbereitung der Erreichung optimaler, den Ansprüchen der Weiterverarbeiter gerecht werdender Qualitäten höchste Aufmerksamkeit geschenkt werden muss. Nur dadurch besteht die reelle Möglichkeit entsprechende Faserverkaufspreise (Tabelle 50) zu realisieren und einen nachhaltigen, großflächigen Faserpflanzenanbau in Sachsen zu etablieren.

Die wachsenden Möglichkeiten des Naturfasereinsatzes in **textilen** Produktlinien mit hochpreisigen Finalprodukten sowie die steigenden Absatzchancen in modernen technischen Produktlinien wie Formpressteile, faserverstärkte Kunststoffe, Geotextilien, Wärmedämmvliese, Nadelfilzteppiche und faserverstärkter Thermoplaste deuten darauf hin, dass die in Tabelle 50 getroffenen Annahmen und die in Tabelle 52 aufgezeigten Anbaupotentiale realistisch sind. Sie beweisen die Zukunftsfähigkeit der Naturfaserwirtschaft im Freistaat Sachsen.

6 Vorschlag zur Struktur eines Anbau- und Verarbeitungszentrums für Faserpflanzen unter sächsischen Bedingungen

Voraussetzung für eine effiziente Faserpflanzenerzeugung und Erstverarbeitung ist die eng verzahnte, vertrauensvolle Zusammenarbeit aller beteiligten Partner. Abbildung 35 zeigt schematisch die mögliche Struktur eines sächsischen Anbau- und Verarbeitungszentrums für Flachs oder Hanf.

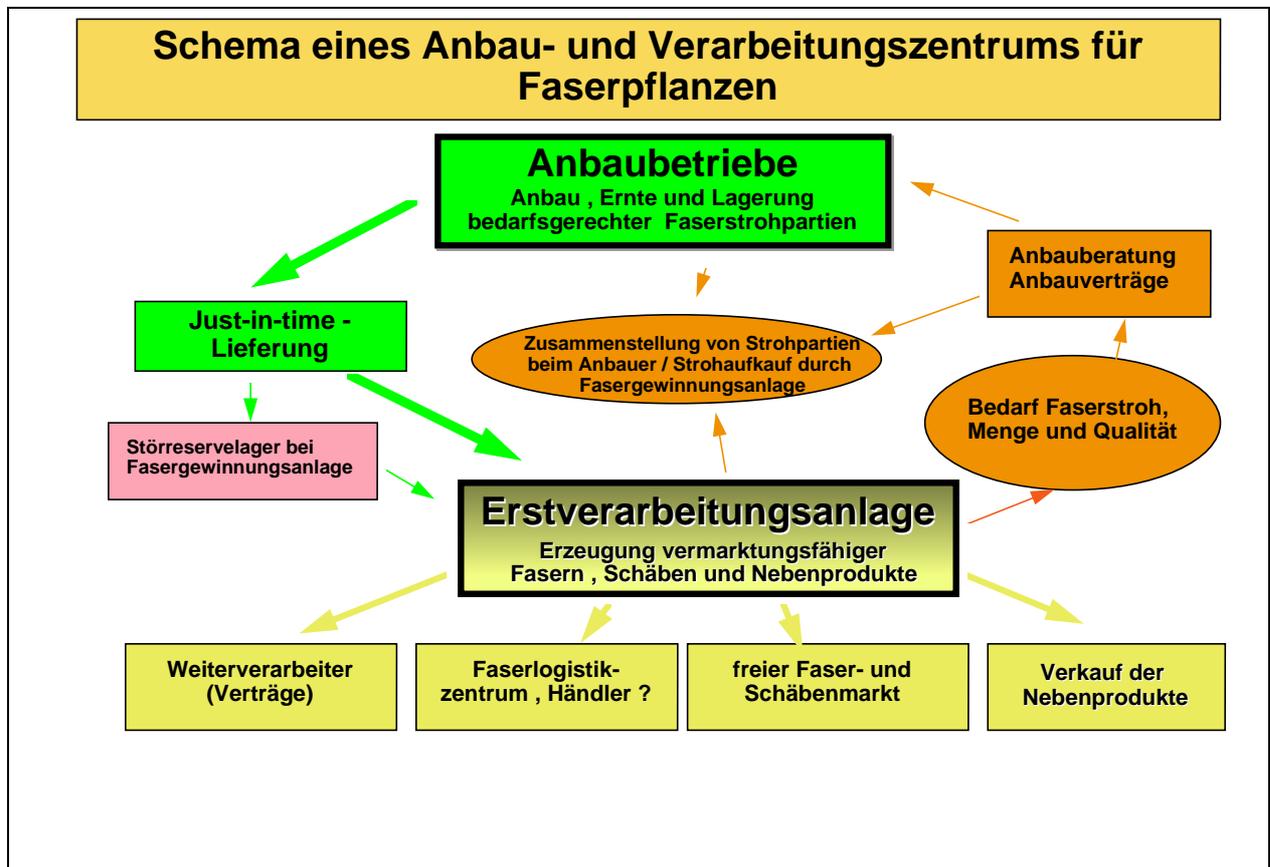


Abbildung 35: Schema eines Anbau- und Verarbeitungszentrums für Faserpflanzen

Ein Anbau- und Verarbeitungszentrum mit dieser Struktur, bei der die Erstverarbeitungsanlage die Schlüsselstellung einnimmt, bietet folgende Vorteile:

1. Die Erstverarbeitungsanlage kann durch Verträge mit Weiterverarbeitern den Absatz ihrer Produkte sichern, andererseits auch die Chancen des freien Marktes flexibel nutzen.
2. Bei zukünftig größerem Fasermarktvolumen kann die Möglichkeit des Handels an der Produktenbörse, wie sie für andere landwirtschaftliche Marktprodukte bereits üblich ist, genutzt werden.
3. Auf der Grundlage ihrer Absatzmöglichkeiten kann die Erstverarbeitungsanlage mit den Landwirten Anbauverträge abschließen, in denen Menge und Qualität des zu liefernden Faserstrohes fixiert sind.
4. Zur Sicherung der notwendigen Qualität kann eine intensive Beratung zu Fragen der Anbautechnik (Vorfrüchte, Sorten, Saatstärken, Düngung, Pflanzenschutz) und der Ernte (Erntetermin, Röstgrad, Beschaffenheit des Ernteproduktes wie z. B. Stängelstücklänge bei Hanf, Feuchtegehalt des Erntegutes, Art und Größe der Ballen) durch eine vom Erstverarbeiter und den Anbauern anerkannte Fachkraft erfolgen.

5. Die nach Partien (z. B. nach Sorten, Raufterminen, Partien mit unterschiedlichen Saatstärken, Unkrautbekämpfungsmethoden, Röstgraden und Feuchtegehalten) getrennte Lagerung des Faserstrohes kann sichergestellt werden.

6. Entsprechend dem Bedarf der Verarbeitungsanlage können Vertreter von Verarbeitungsanlage und Anbaubetrieben gemeinsam mit dem Anbauberater im Einzugsbereich der Verarbeitungsanlage gleichartige Faserstrohpartien zusammenstellen.

7. Die Verarbeitungsanlage kann homogenes Material verarbeiten und gleichmäßige Produktqualitäten sichern.

8. Die Anbaubetriebe können die Faserstrohpartien entsprechend dem Bedarf just-in-time bei der Verarbeitungsanlage anliefern. Eine Störreserve in unmittelbarer Nähe der Verarbeitungsanlage verhindert Lieferengpässe.

Bei Verwirklichung der dargestellten Struktur sollte ein weitgehend störungsfreies Zusammenwirken aller am Prozess des Anbaus und der Verarbeitung von Faserpflanzen Beteiligten möglich sein.

7 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Flachs

In sächsischen Vor- und Mittelgebirgslagen sind bei richtiger Sortenwahl und geeigneter Anbautechnik im Mittel der Jahre Flachsroststroherträge von 60 dt/ha und Fasererträge von 20 dt/ha bei guter Faserqualität erreichbar. Auf der Grundlage der durchgeführten Untersuchungen können für Flachs, der verwendungsspezifisch für die Produktlinien Langfaser, verspinnbare Kurzfaser, Verbundwerkstoffe und Dämmstoffe/Geotextilien angebaut wird, nachfolgende Empfehlungen gegeben werden. Sie berücksichtigen den Einfluss der genannten Maßnahmen auf Ertragshöhe und –sicherheit, die technologische Eignung des Erntematerials für die Produktlinien, die Faserqualität und die Verfahrenskosten.

Sorten

Für den verwendungsorientierten Flachs-anbau werden für die Produktlinien der Flachsverarbeitung folgende Sorten bzw. Sortenmischungen empfohlen:

Langfaser: Ariane, Elektra, Hermes, Marylin, Liflax, Sortenmischung Viola+Laura

Verspinnbare

Kurzfasern und Verbundwerkstoffe: Argos, Ariane, Elektra, Elise, Hermes, Ilona, Laura, Marylin, Opaline, Liflax, Viking, Sortenmischung Viola+Laura

Dämmstoffe u. Geotextilien: Argos, Ariane, Elektra, Elise, Hermes, Ilona, Laura, Marylin, Opaline, Viking, Liflax; Sortenmischung Viola +Laura; Ölleinsorten

Bei beabsichtigtem Anbau der empfohlenen Sorten und Sortenmischungen ist die jeweils aktuelle Zulassungssituation und Beihilfefähigkeit zu beachten.

Unkrautbekämpfung

Unkrautbekämpfungsmaßnahmen in Flachs sollten durch Auswahl gering verunkrauteter Flächen, Verringerung des Unkrautdruckes bereits in den Vorfrüchten und Vermeidung von zum Durchwuchs neigenden Vorfrüchten minimiert werden. Bei Flachs-anbau für textile Produktlinien ist eine sichere Beseitigung eines Großteils der Unkräuter, die meist nur durch Herbizideinsatz zu erreichen ist, notwendig. Bei Flachs für technische Einsatzgebiete ist ein gewisser Unkrautbesatz tolerierbar. Folgende Unkrautbekämpfungsvarianten werden unter Beachtung von Unkrautflora und aktueller Zulassungssituation empfohlen:

	Produktlinien			
	Langfaser	verspinnbare Kurzfaser	Verbundwerkstoffe	Dämmstoffe, Geotextilien
geeignete Varianten der Unkrautbekämpfung	1,5 l Extoll/ha 30g Concert/ha 25 g Lexus XPE/ha (1,5 l Basagran+15g Gropper/ha) Hackstriege*	1,5 l Extoll/ha 30 g Concert/ha 25 g Lexus XPE/ha, (1,5 l Basagran + 15 g Gropper/ha)	1,5 l Extoll/ha 30 g Concert/ha 25 g Lexus XPE/ha ? Hackstriege*	30 g Concert/ha Hackstriege*

*= bedingt geeignet, nur auf unkrautarmen Flächen und bei trockener Witterung; ?= abhängig vom z. Z. noch unbekanntem Preis; () = teure Variante, nur bei Auftreten von Klettenlabkraut

Gegenwärtig ist nur das Herbizid Extoll zum Einsatz in Flachs zugelassen. Bis Mitte 2001 dürfen noch die anderen genannten, für andere Fruchtarten zugelassenen Pflanzenschutzmittel (außer Lexus XPE, z. Z. keine Zulassung) in Flachs angewandt werden. Um nach Ablauf der Übergangsfrist über wirksame und preiswerte Mittel zu verfügen, wird den zuständigen Institutionen dringend empfohlen, das Herbizid Concert für den Einsatz in Flachs zuzulassen. Auch die Zulassung von Lexus XPE, Basagran und Gropper wäre wünschenswert.

Optimierung des Raufezeitpunktes

Untersuchungen ergaben, dass zwischen dem Grad des Blattabfalls am Flachsstängel und dem Fasergehalt des Stängels sowie wichtiger Faserqualitätsparameter enge Zusammenhänge bestehen. Auf dieser Basis wurde eine einfache Methode zur Erkennung des optimalen Raufetermins entwickelt. Aus diesem Zusammenhang und den Anforderungen der Flachsverarbeiter verschiedener Produktlinien an bestimmte Qualitätsmerkmale ist abzuleiten, dass Flachs für die Produktlinien Langfaser und Verbundwerkstoffe bei Blattabfallsgraden von 60 – 70 Prozent gerauft werden sollte. Für die Produktlinie verspinnbare Kurzfaser bestimmter Flachs könnte bereits bei 50 – 60 Prozent Blattabfallsgrad gerauft, Flachs für Dämmstoffe/Geotextilien ab 50 Prozent Blattabfallsgrad gerauft oder gemäht werden. Die Ergebnisse sind vor ihrer Anwendung in der Praxis weiter zu sichern.

Verwendungsorientierte Optimierung des Röstgrades

Es wurde getestet, wie sich wichtige Qualitätsmerkmale der Flachsfaser bei fortschreitendem Röstprozess verändern, um den für unterschiedliche Produktlinien optimalen Flachsrostgrad definieren zu können. Als Maßeinheit für den Röstgrad diene die CLAAS-Röstskala (Röstgrad 1: ungeröstet; Röstgrad 9: Vollröste, Röstgrad 10: Überröste). Die Ergebnisse zeigen, dass Flachs für die Produktlinien Langfaser und verspinnbare Kurzfaser dem Röstgrad 8 bis 9 entsprechen muss, während bei beabsichtigter Verwendung im Bereich Verbundwerkstoffe der Röstgrad 7 und bei Einsatz im Dämmstoff- und Geotextilbereich der Röstgrad 5 ausreicht. Allerdings bringen hier höhere Röstgrade (bis 9) für die Eignung keine Nachteile.

Kosten und Leistung verwendungsspezifischer Flachsernteverfahren

Nachfolgende Übersicht zeigt die für die Produktion von Flachsroststroh für verschiedene Produktlinien geeigneten Flachsernteverfahren, die durch die Ernteverfahren entstehenden Kosten und die erreichbaren Flächenleistungen bei der Bergung des Röststrohes.

Produktlinien	geeignete Flachsernteverfahren	Kosten für Ernte, Transport, Einlagerung (DM/ha)	Leistung bei der Bergung des Röststrohes (ha/Std.)
Langfaser	Langfaserlinie (traditionelles Verfahren)	935	0,5 - 0,8
verspinnbare Kurzfaser	Voigtsdorfer Verfahren	722	2,0 - 2,5
Verbundwerkstoffe	Voigtsdorfer Verfahren	722	2,0 - 2,5
Dämmstoffe/Geotextilien	Mäh - Schwad - Technik	572	2,0 - 2,5

Die beim Voigtsdorfer Verfahren und der Mäh-Schwad-Technik gegebene hohe Flächenleistung bei der Bergung des Röststrohes vermindert das Ernterisiko erheblich.

Wirtschaftlichkeit

In typischen Flachsanbaulagen der sächsischen Mittelgebirge ist Flachsanbau für die Produktlinien verspinnbare Kurzfaser und Langfaser unter den Rahmenbedingungen des Wirtschaftsjahres 1999/2000 mit Deckungsbeiträgen von 900 bis über 1.000 DM/ha gegenüber Marktfruchtgetreide wettbewerbsfähig. Ein gezielter Flachsanbau für die Produktlinien Verbundwerkstoffe und Dämmstoffe/Geotextilien mit Deckungsbeiträgen von deutlich unter 800 DM/ha ist dagegen unter diesen Rahmenbedingungen nicht wirtschaftlich.

Hanf

In Sachsen sind auf mittleren bis guten Böden, ausreichenden Niederschlägen und Temperaturen bei angemessener Nährstoffversorgung im Durchschnitt der Jahre Röststroherträge von 80 bis über 110 dt/ha und Fasererträge von etwa 20 bis über 25 dt/ha erreichbar. Die Faserfestigkeiten der Hanffasern sind mit denen von Flachsfasern vergleichbar, jedoch deutlich gröber. Letzteres schränkt die Verwendbarkeit im textilen Bereich ein, so dass Hanffaser vor allem in technischen Einsatzbereichen (Dämmstoffe, Verstärkungsfasern in Verbundwerkstoffen) Verwendung finden kann.

Hanfsorten

Zwischen Hanfsorten bestehen hinsichtlich des Stängel- und Faserertrages und des Termins der Samenreife deutliche Unterschiede. Die ertragsstärkste Sorte Kompolti reift in Sachsen nicht aus. Hohe Erträge bei besserer Ausreife zeigten Fedrina 74 und Futura, diese mittelspäten Sorten werden für klimatisch begünstigte Standorte zum Anbau empfohlen. Die ertragsschwächeren, früher reifenden Sorten Felina 34 und Ferimon haben dort im Interesse einer Erntestaffelung auch ihre Berechtigung, sollten aber vorrangig in etwas kühleren Lagen, in denen ertragreichere Sorten nicht ausreifen, angebaut werden. Lovrin 110 zeigt trotz späten Reifetermins nur ein mittleres Ertragsniveau und eignet sich an warmen Standorten als Ergänzungssorte. Die frühreife Fasamo (Samentyp) mit den geringsten Stängel- und Fasererträgen ist für die Fasernutzung nicht anbauwürdig, während die ebenfalls sehr frühreife USO 31 bei relativ geringem Stängelertrag hohe Fasergehalte aufweist und an Hanfgrenzstandorten Bedeutung erlangen kann. In Mittelgebirgslagen reifen viele Sorten nicht aus, das Ertragsniveau schwankt stark, deshalb wird dort vom Hanfanbau abgeraten.

Saatstärke

Bereits bei geringem Saatstärkeniveau (ab 20 kg/ha) führen Erhöhungen der Saatstärke zur Selbstausdünnung des Bestandes und bei weiterer Steigerung (über 60 kg/ha) zu erhöhter Lagergefahr. Wuchshöhe und Stängeldurchmesser nehmen bei steigender Saatstärke ab. Geringe Saatstärken (20 kg/ha) verursachen sehr große Stängeldurchmesser, die in Erstverarbeitungsanlagen Probleme bereiten können. Stängel-, Faser- und Samenerträge lassen sich durch Veränderungen der Saatstärke im Bereich von 20 bis 80 kg Saatgut/ha nur wenig beeinflussen, es deutet sich an, dass hochwüchsige Sorten im Saatstärkenbereich von 40 bis 60 kg/ha ein Optimum zeigen. Die Faserfestigkeit nimmt mit steigender Saatstärke etwas zu, Faserfeinheit und Dehnbarkeit der Fasern zeigen keine diesbezüglichen Zusammenhänge. Im sächsischen Hanfanbau sind Saatstärken von 40 bis 45 kg Saatgut/ha zu empfehlen, wodurch im Vergleich zur bisherigen Praxis eine Saatgutersparnis von 10 bis 20 kg/ha bzw. bei gegenwärtigen Saatgutpreisen eine Kostensenkung von 60 bis 160 DM/ha möglich ist.

Stickstoffdüngung

Stickstoffdüngung beeinflusst Ertrag und Qualität des Hanfs in hohem Maße. Zunehmende N-Gaben bewirken eine Verringerung der Bestandesdichte bei größeren Wuchshöhen und Stängeldurchmessern. Hohe Stickstoffgaben (ab 120 kg N/ha) bewirken Stängeldurchmesser von 10 mm und mehr, die Verarbeitbarkeit kann beeinträchtigt werden. Stängelertrag und in geringerem Maße Faserertrag und Samenertrag lassen sich durch Stickstoffdüngung deutlich steigern. Der Fasergehalt des Stängels, die Reißfestigkeit und Dehnbarkeit der Fasern nehmen mit steigenden N-Gaben ab, die Faserfeinheit verbessert sich. Im praktischen Anbau kann im Interesse der Wirtschaftlichkeit des Hanfanbaus auf N-Düngung nicht verzichtet werden. Sie sollte in Abhängigkeit vom vorhandenen Bodenstickstoffgehalt und vom vorgesehenen Einsatzzweck des Hanfs im Bereich von 60 bis 120 kg N/ha liegen. Bei Hanffasereinsatz in Bereichen mit hohen Festigkeitsanforderungen (Verbundwerkstoffe) ist die N - Düngung auf 90 kg/ha zu begrenzen, bei Verwendung im Dämmstoffbereich sind bis 120 kg N/ha möglich.

N_{min}- Gehalt des Bodens

Der N_{min} - Vorrat im Boden liegt nach der Ernte des Hanfs in einem Bereich, der keine bzw. bei sehr hohen mineralischen N-Gaben nur eine geringe Gefahr von Nitratauswaschungen in das Grundwasser befürchten lässt. Hanfanbau und die damit verbundene Stickstoffdüngung belasten das Grundwasser nicht stärker als andere landwirtschaftliche Kulturpflanzen. Bei Hanfanbau mit moderater N-Düngung (60 bis 90 kg N/ha) kann mit einer Reduzierung des Bodenstickstoffvorrates gerechnet werden.

Entwicklung von Ertrags- und Qualitätsmerkmalen des Hanfs im Wachstumsverlauf

Die Entwicklung des Hanfertrages und wichtiger Qualitätsmerkmale (Fasergehalt, Reißfestigkeit, Dehnbarkeit und Feinheit der Fasern) im Wachstumsverlauf hängt stark von der Jahreswitterung ab. In Jahren mit feuchtwarmer Sommerwitterung werden wichtige Merkmale früher erreicht als in Jahren mit kühler Fröhsommerwitterung. Wichtige Ertrags- und Qualitätsmerkmale erreichen bereits 10 bis 30 Tage vor dem gegenwärtig üblichen Erntetermin (Zeitpunkt der Ausreife von 50 % der Hanfsamen) ihr Optimum. Andere verbessern sich bis zum Erntetermin nur noch unwesentlich. Unter sächsischen Anbaubedingungen kann deshalb eine Vorverlegung des gegenwärtig üblichen späten Zeitpunktes der Hanfmahd um 10 bis 20 Tage Vorteile beim erzielbaren Stängel- und Faserertrag bringen, ohne wichtige Faserqualitätsmerkmale wesentlich zu beeinträchtigen. Eine Vorverlegung der Mahd um bis zu 30 Tage auf Teilflächen wäre aus ertetechnologischer Sicht (zeitliche Staffelung der Hanfernte) vorteilhaft. Der Röst- und Trocknungsprozess verläuft im Mittel der Jahre bei früherer Mahd infolge höherer Temperaturen schneller und sicherer, das Ernterisiko verringert sich und das Feld steht früher für die Nachfrucht zur Verfügung. Das Risiko des Hanfdurchwuchses in der Nachfrucht wird durch eine frühere Hanfernte deutlich reduziert, da die meisten Samen nicht ausreifen.

Hanfernte

Hanf muss im Interesse der Verarbeitbarkeit einer Feldröste unterzogen werden. Deshalb kann die Hanfernte nicht in einem Arbeitsgang erfolgen, sondern sie gliedert sich in die Abschnitte Mähen, Feldröste und Bergung des Hanfröststrohes. Die Art und Weise der Mahd des Hanfes ist von den Anforderungen des Erstverarbeiters hinsichtlich Einkürzung des Stängels, Röstgrad und Gleichmäßigkeit der Röste abhängig. Kostengünstige Mähverfahren, die den Hanfstängel z. T. auch einkürzen (Stufenmähwerk) wurden erprobt, weitere Hanferntemaschinen kamen kurzzeitig zum Einsatz. Wesentliche Teile der Ernte können kostengünstig und mit hoher Schlagkraft mit Maschinen aus den Bereichen Futter- und Strohernte (Einstern-Kreiselschwader, Festkammer-Rundballenpressen, Quaderballenpressen) durchgeführt werden. Weitere Untersuchungen hinsichtlich der Optimierung der Erntegutes für Erstverarbeiter verschiedener Produktlinien einschließlich Anpassung der Hanferntetechnik sind notwendig.

Wirtschaftlichkeit

Bei mittleren Röststroherträgen von 80 dt/ha, einem erzielbarem Preis von 0,16 DM/kg Hanfröststroh und der Hanfbeihilfe des Wirtschaftsjahres 1999/2000 (1.296 DM/ha) sind mit Hanfanbau Deckungsbeiträge von über 1.000 DM/ha erzielen. Auf günstigen Standorten sind 100 dt Röststroh/ha (im Versuchsanbau wurden noch wesentlich höhere Erträge erreicht) möglich, wodurch bei Berücksichtigung etwas steigender Kosten für Ernte, Transport und Lagerung mit 150 bis 250 DM/ha höheren Deckungsbeiträgen gerechnet werden kann. Unter diesen Voraussetzungen könnte der Hanfanbau mit dem Anbau anderer Marktfrüchte hinsichtlich des Deckungsbeitrages konkurrieren. Neue Beihilferegelungen im Rahmen der Gemeinsamen Marktordnung der EU erfordern eine erneute Bewertung der Wettbewerbsfähigkeit des Hanfanbaus.

Anbaupotenzial von Faserpflanzen im Freistaat Sachsen

Unter der Voraussetzung, dass die Erstverarbeitung der Faserpflanzen Flachs und Hanf im Bereich der Landwirtschaft mit entsprechender Wertschöpfung erfolgt, besitzt der Anbau von Faserpflanzen auf erheblichen Teilen des sächsischen Ackerlandes eine relative Vorzüglichkeit gegenüber dem Marktfruchtgetreideanbau. Für Flachs trifft das vor allem für das mittlere und obere Erzgebirge, das Erzgebirgsvorland, die Oberlausitz und das Vogtland zu, während der Hanf in den etwas wärmeren, aber noch ausreichend niederschlagsreichen Lagen des Erzgebirgsvorlandes, des Mittelsächsischen Hügellandes, der Oberlausitz und des Vogtlandes mit Marktfruchtgetreide erfolgreich konkurrieren kann. Potenzialabschätzungen zeigen, dass bei unterstellten perspektivischen Rahmenbedingungen des Jahres 2006 (Endstufe der Reform der Faserpflanzenbeihilfe, Agenda 2000 umgesetzt, geringere Getreidepreise, infolge Qualitätsverbesserung und erhöhter Nachfrage höhere Faserpreise) in Sachsen mit einem Anbaupotenzial von ca. 20.000 ha Flachs und 40.000 ha Hanf gerechnet werden kann. Dieses erhebliche Anbaupotenzial für Faserpflanzen in Sachsen und die wachsenden Möglichkeiten des Naturfasereinsatzes in modernen technischen Produktlinien (Formpressteile, faserverstärkte Kunststoffe, Geotextilien, Wärmedämmvliese, Nadelfilzteppiche und faserverstärkte Thermoplaste) beweisen die Zukunftsfähigkeit der Naturfaserwirtschaft in dieser Region.

Schlussfolgerungen für die weitere Arbeit

Flachsanbau und –verarbeitung (Schwerpunkt verspinnbare Kurzfaser) sind im Anbaubereich Erzgebirge inzwischen etabliert und werden nachhaltig Bestand haben. Es sollte die Chance genutzt werden, den in Sachsen vorhandenen Entwicklungsvorsprung auszubauen und die Wertschöpfung bei Fasergewinnung und Faseraufschluss weiter zu erhöhen. Auch das in großen Mengen (ca. 60 % der Röststrohmasse) anfallende Koppelprodukt Flachsschäben sollte noch besser veredelt und vermarktet werden.

Zur Sicherung der Qualität des Rohstoffes Flachsrostroh ist der Schnelltests (Blatt-Stängel-Methode) für die Optimierung des Flachserntezeitpunktes weiter zu entwickeln. Ebenso sind die Arbeiten zur produktlinienbezogenen Optimierung des Röstgrades weiterzuführen. Hanffasern werden in modernen technischen Produktlinien mit hohem Absatzpotenzial wie faserverstärkte Kunststoffe, Geotextilien, Wärmedämmvliese und Nadelfilzteppiche zunehmend eingesetzt. Der Wachstumsmarkt bei technischen Naturfasern kann zukünftig nur durch die stärkere Einbeziehung der ertragreichen Faserpflanze Hanf ausreichend und sicher bedient werden. Deshalb ist es notwendig,

- zukünftige sächsische Hanfverarbeiter bei der Planung und beim Aufbau von Erstverarbeitungsanlagen zu unterstützen und ihnen das vorhandene Know-how zur Verfügung zu stellen.
- gemeinsam mit zukünftigen sächsischen Hanferstverarbeitern die Schnittstelle Hanfernte - Erstverarbeitung für verschiedene Produktlinien zu optimieren und die Kette vom Anbau über die Ernte bis zur Verarbeitung zu Halbzeugen bzw. hochwertigen technischen Produkten zu schließen.
- die Chancen der ganzheitlichen Verwertung der Hanfpflanze (Fasern, Schäben, z. T. Samen) zu nutzen, um über Alternativen für den zunehmend weniger attraktiven Anbau herkömmlicher Marktfrüchte zu verfügen.
- neue Wertschöpfungsketten durch die Entwicklung neuartiger Ernte- und Konservierungsmethoden aufzubauen.

Der Bericht liefert eine gute Grundlage für den Aufbau neuer Anbau- und Verarbeitungszentren für Faserpflanzen in den Gebieten des Freistaates Sachsen mit relativer Vorzüglichkeit des Faserpflanzenanbaus gegenüber etablierten Marktfrüchten. Dort sollte das erhebliche Anbaupotenzial für Faserpflanzen genutzt und neue nachhaltige Einkommensalternativen im ländlichen Raum erschlossen werden. Dies erfordert in der Anfangsphase eine angemessene, mittel- und langfristig mit hoher Rendite verbundene Förderung durch Land, Bund und Europäische Union.

8 Literaturverzeichnis

AUTORENKOLLEKTIV: Machbarkeitsstudie „Umsetzung neuer Ernte- und Verarbeitungstechnologien für Flachs“, Schlussbericht, S. 37-45, CLAAS KGaA, 1995

AUTORENKOLLEKTIV: „Hanf in Brandenburg, Anbau und Verwertung aus landwirtschaftlicher und ökologischer Sicht“, Infobroschüre des Landes Brandenburg, November 1995

AUTORENKOLLEKTIV: Datensammlung „Deckungsbeiträge Pflanzen- und Tierproduktion im Freistaat Sachsen“, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, April 1996

AUTORENKOLLEKTIV: „Das Hanfproduktlinienprojekt (HPLP)“, DBU-Projekt, Hürth/Köln, Dezember 1996

AUTORENKOLLEKTIV: „Die Landwirtschaftlichen Vergleichsgebiete im Freistaat Sachsen“, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, November 1998

AUTORENKOLLEKTIV: „Merkblatt zum Anbau von Nutzhanf und zur Gewährung einer Hanfbeihilfe“, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Referat 321, Adickesallee 40, 60322 Frankfurt a. M., März 1999

BLEDZKI, A. K. u. GASSAN, J.: „Natürliche Verstärkungsfasern für Kunststoffe“, Spektrum der Wissenschaft, Februar 1996, S. 96-100

BOHNDICK, F.: Vortrag anlässlich der Eröffnung der Hanfverarbeitungsanlage der VERNARO GmbH Gardelegen am 1. Juni 1999

BREDEMANN, G.: Untersuchungen über die Nährstoffaufnahme und den Nährstoffbedarf des Hanfes, Bodenkunde und Pflanzenernährung, 167-204, Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung, 3. Bd. Düngung der Kulturpflanzen, Springer-Verlag, 1945

BOCSA, I.; KARUS, M.: „Der Hanfanbau, Botanik, Sorten, Anbau und Ernte“, 1. Auflage 1997, C. F. Müller Verlag Heidelberg

BÖTTCHER, P. u. SCHMALZ, E.: „Vliesstoffe aus mechanisch aufbereiteten Flachskurzfasern“, Tagungsband "Statusseminar Flachs" 15.-16. November 1993, S. 195-201

BRETTTHAUER, J.: „Ökologische Dämmstoffe aus Flachsfasern“, Tagungsband „Statusseminar Flachs" 15.-16. November 1993, S. 236-237

BUCHFELD, M.: persönliche Mitteilung, Sächsisches Textilforschungsinstitut Chemnitz, Oktober 1999

BUCHFELD, M.: persönliche Mitteilung, Sächsisches Textilforschungsinstitut Chemnitz, Februar 2000

DITTRICH, J.: persönliche Mitteilung, Fachbereich 6 der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, 24. Februar 2000

DITTRICH, R.: persönliche Mitteilung, Fachbereich 6 der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, März 1998

- FÖLSTER, Th.: „Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung flachsfaserverstärkter Thermoplaste“, Tagungsband „Statusseminar Flachs“ 15.-16. November 1993, S. 326-331
- FÖLSTER, Th.: „Einsatz von Naturmaterialien in technischen Anwendungen“, Tagungsband „Rohstoffe, die unendlich sind“, II. Internationales CLAAS-Symposium, Harsewinkel, 21. September 1994
- FRANK, B.: persönliche Mitteilung des Betreibers der BAFA Hanfverarbeitungsanlage in Malsch (BW) auf dem Hanftag 1996 in Forchheim (BW)
- FRANK, B. u. MUTHMANN, P.: BAFA Badische Naturfaseraufbereitung GmbH, Firmenportrait, Homepage Bafa Malsch
- FRANK, B.: persönliche Mitteilung des Betreibers der BAFA Hanfverarbeitungsanlage Malsch (BW) auf einer Themenkonferenz in Bad Sassendorf, NRW, 16. April 1999
- FUCHS, H.; BIEBER, B. u. BUCHFELD, M.: Qualitätsbestimmung von Flachs, Forschungsbericht des Sächsischen Textilforschungsinstitutes Chemnitz e. V. vom 18. März 1996
- FUCHS, H. u. a.: „Einsatz von Flachs- und Hanffasern für innovative Produkte“, Tagungsband „Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ v. 27.-28.5.1997 in Dresden, S. 125-146
- GOTTWALD, R. et. al.: „Anbau und Verwertung von Hanf in Brandenburg aus landwirtschaftlicher und ökologischer Sicht“, Herausgeber: Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten; Ministerium für Umweltschutz, Naturschutz und Raumordnung, 1996
- GRÄF, G.: „Dämmstoffe aus Schafwolle und Flachs“, Tagungsband. 3. Symposium „Im Kreislauf der Natur - Naturstoffe für die moderne Gesellschaft“, Würzburg 3.-5. Juli 1995, S. 187-190
- GRÜBNER, P.: „Das neue Pflanzenschutzgesetz vom 1. Juli 1998“, Infodienst d. LfL 8/98, S. 68-70
- HALKE, H.: „Technologische Optimierung des Aufbereitungsprozesses zur Herstellung hochwertiger Kurzfasern aus Naturfaserpflanzen“, Sächsisches Textilforschungsinstitut Chemnitz, Schlussbericht zum Forschungsthema, 29.10.1999
- HALKE, H. und BIEBER, B.: persönliche Mitteilung, Sächsisches Textilforschungsinstitut Chemnitz, 08.02.2000
- HANF, C.- H.: „Anbau, Ernte und Aufbereitung sowie Verwendung von Hanf“, Zusammenfassung, Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Band 7, Teil 1 und 2, Landwirtschaftsverlag GmbH Münster, 1996
- HEIER, L., HEINTGES, M. u. KROMER, K.-H.: „Industriefaserlein – Produktion und Qualität“, Tagungsband der 5. Internationalen Tagung „Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ v. 28.-29.10.1998 in Chemnitz, S. 75-81
- HEINEMANN, O.: „Erntetechnik für Flachs - Entwicklung und Umsetzung eines Großgerätes für die thermische Einleitung einer Standröste“, Dissertation. , Chr.-Albrechts-Universität Kiel, 1995
- HEINEMANN, O.: „Standröste bei Flachs - Innovation in der Flachserntetechnik“, Tagungsband VDI-MEG- Kolloquium v. 6. - 7. 8 1997, Heft 22, S. 101–107
- HENDRIKS: persönliche Mitteilung des Betreibers der Hanfverarbeitungsanlage in Oude Pekkela (Holland) auf dem Hanftag 1996 in Forchheim (BW)

- HENSEL, K. H. u. v. DRACH, V.: „Flachs für Reibbeläge - die Veredlung eines nachwachsenden Rohstoffes“, Tagungsband "Statusseminar Flachs" 15.-16. November 1993, S.238-255
- HENSEL, K.- H.: „Industrieller Einsatz von Hanf“, Tagungsband Symposium Biorohstoff Hanf, 2.-5. März 1995, Frankfurt a. M., 2. Aufl. Köln 1995, S. 351-360
- HERER, J.: Die Wiederentdeckung der Nutzpflanze Hanf Cannabis Marihuana, 30. Auflage Verlag Zweitausendeins, Frankfurt a. M., 1995
- HERRMANN, A. S.; HANSELKA, H.: „Bio - Verbundwerkstoffe - Nach Gebrauch auf den Kompost“, Tagungsband "Rohstoffe, die unendlich sind", II. Internationales CLAAS-Symposium, Harsewinkel, 21. September 1994
- HERRMANN, A. S.; HANSELKA, H.: „Verbundwerkstoffe aus biologischen Faser- (z. B. Hanf-) und Matrixkomponenten“, Tagungsband Symposium Biorohstoff Hanf, 2.-5. März 1995, Frankfurt a. M., 2. Aufl. Köln 1995, S. 374-382
- HERRMANN, A. S. et al.: Natural fibre reinforced biopolymers to be used as structural materials, Vortrag zum International Wood and Natural Fibre Composites Symposium, Kassel, 29. u. 30. Juni 1998
- HERZOG, W.: „Objektive Qualitätsprüfung von Flachs“, Melliand Textilberichte, 1/1989, S.7-11
- HEUSER, O. et al.: Hanf und Hanffasern, in Technologie der Textilfasern, Hrsg.: O. Herzog, V. Band, 2. Teil Springer-Verlag Berlin 1927
- HINRICHSEN, G. u. WUTTKE, B.: „Zur Haftung von Flachsfaser in thermoplastischen Verbundwerkstoffen“, Tagungsband „Statusseminar Flachs“, 15-16. November 1993, S. 304-315
- HINRICHSEN, G.: „Naturfaserverstärkte Kunststoffe - Bedeutung und Perspektiven“, Tagungsband zur Tagung „Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ v. 27.-28. Mai 1997 in Dresden
- HOFFMANN, W.: Flachs - und Hanfanbau, Deutscher Bauernverlag, Berlin, 1957
- HÖPPNER, F.; MENGE-HARTMANN, U.: „Anbauversuche zur Stickstoffdüngung und Bestandesdichte von Faserhanf“, Landbauforschung Völkenrode 44. Jg., Heft 4/1994
- ISENSEE, E. und OHLS, J.: "Die Standröste von Flachs", Landtechnik 8/9, 1993, S. 424-425
- ISENSEE, E.; OHLS, J. u. HEINEMANN, O.: "Die Standröste - ein universelles Verfahren zur risikoarmen Flachsernte" Statusseminar Flachs, Leipzig Nov. 1993, S. 13-20
- KESSLER, R. W.: „Flachs als nachwachsender Rohstoff - Ergebnisse und Zukunftsperspektiven“, Tagungsband „Verwertung nachwachsender Rohstoffe“, 2. Chemnitzer Arbeitsberatung 1993, S. 28-30
- KESSLER, R. W. et al: "Technologie der Hanfverarbeitung und die Bedeutung der Produktqualität für die Hanfverwertung" Reutlingen 1996 in: HANF, C. A.: "Anbau, Ernte und Aufbereitung sowie Verwertung von Hanf", Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe" 7, Landwirtschaftsverlag Münster GmbH 1997, S. 301-492
- KLEBER, S.: „Einsatzfelder für High-Tech-Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, Tagungsband zur Tagung „Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ v. 27.-28. Mai 1997 in Dresden
- KLEINHOLZ, R.: „Naturstoffe/Naturfasern im Innenbereich“, Vortrag und Tagungsband des International Wood and Natural Fibre Composites Symposium, Kassel, 29.-30. Juni 1998

- KNOTHE, J.: „Herstellung und Eignung von naturfaserverstärkten Kunststoffbauteilen für die Automobilindustrie“, Tagungsband, VDI-MEG-Kolloquium. v. 6.-. August 1997, Heft 22, S. 136-144
- KOHLER, R. u. KESSLER, R.: „Einfluss der Aufschlussverfahren auf die Eigenschaften naturfaserverstärkter Kunststoffe“, Tagungsband des International Wood and Natural Fibre Composites Symposium, Kassel, 29.-30. Juni 1998
- KOHLER, R. u. KESSLER, R.: „Faseraufbereitung und Qualitätskriterien von Naturfasern für Verbundwerkstoffe“, Tagungsband der 5. Internationalen Tagung „Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ v. 28.-29.10.1998 in Chemnitz, S. 51–60
- KÖHLER, E.; NENDEL, W.: „Verbundwerkstoffe mit Naturfaserverstärkung“, Tagungsband zur Tagung "Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe" v. 27.-28.5.1997 in Dresden
- KUNDLER, P. et al.: Minereraldüngung, S. 196-197 Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 1965
- LIPPE, K. F.: „Faserverstärkter Porenbeton“, Tagungsband 3. Symposium "Im Kreislauf der Natur - Naturstoffe für die moderne Gesellschaft", Würzburg, 3. - 5. Juli 1995, S. 183–186
- LOHMEYER, D.: Die Hanfernte – Ein Statusbericht. Studie d. nova-Institutes, Hürth/Köln 1996
- MALOK, M.: „Maßgenaue Formteile aus Floramat - einem kompostierbarem Werkstoff“, Tagungsband zur Tagung "Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe" v. 27.-28. Mai 1997 in Dresden
- MARTENS, R. u. MÜSSIG, J.: „Qualität von Hanffasern auf der Basis unterschiedlicher Beerntungs- und Bergetechniken“, Tagungsdokumentation des NRW-Hanftages Hanf & Co.- Rohstoffe für eine nachhaltige Entwicklung am 28.8.1997 in Haus Düsse
- MASTEL, K.; STOLZENBURG, K. u. SEITH, B.: „Untersuchungen zu pflanzenbaulichen, erntetechnischen und ökonomischen Fragen des Anbaus von Faser- und Körnerhanf“ LAP Forchheim, Informationen für die Pflanzenproduktion, Heft 7/1998
- MAY, G.: persönl. Mitteilung, Flachskurzfaseraufbereitungsanlage Voigtsdorf, Februar 2000
- MICHAELI, P. u. a.: „Einsatzmöglichkeiten von Flachsfasern in Kunststoffen“, Tagungsband "Statusseminar Flachs", 15.-16. November 1993, S. 316-325
- MIECK, K.-P. u. REUßMANN, Th.: „Zur Schlagzähigkeitsmodifizierung naturfaser-mattenverstärkter Thermoplaste“, Tagungsband der 5. Internationalen Tagung „Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ v. 28.-29.10.1998 in Chemnitz, S. 127-133
- MÜSSIG, J. u. HARIG, H.: „Filze und Vliese aus Hanffasern - Untersuchung zum Einsatz von Nadelfilzen als Geotextilien“, Sonderdruck aus dem Reader zum technisch - wissenschaftlichen Symposium 2. Biorohstoff Hanf, Frankfurt a. M., 27.2.-2.3.1997
- MÜSSIG, J. u. HARIG, H.: „Produkte aus Hanfsilage - Charakterisierung und Verarbeitung von Hanffasern aus dem Silageaufschluss“, Sonderdruck aus dem Reader zum technisch - wissenschaftlichen Symposium 2. Biorohstoff Hanf, Frankfurt a. M., 27.2. bis 2.3.1997
- MÜSSIG, J.: „Herstellung von Hanfnadelvliesen“, Tagungsdokumentation des NRW-Hanftages Hanf & Co.- Rohstoffe für eine nachhaltige Entwicklung am 28.8.1997 in Haus Düsse
- MÜSSIG, J.; MARTENS, R. u. HARIG, H.: „Hanffasern als textiler Rohstoff für technische Produkte - Faserqualität durch Anbau, Ernte und Aufschluss“, Tagungsdokumentation der Aachener Textiltagung am 26. u. 27. November 1997, S. 231-246

MÜSSIG, J.: „Heimische Pflanzenfasern in faserverstärkten Polymerprodukten - vom Anbau zum Bauteil“, Vortrag im Rahmen der Vorlesung Verbundwerkstoffe der G. -M.- Universität Gesamthochschule Duisburg, 24.04.1998

NUPPENAU, E.- A. et al.: „Absatzpotentiale und industrielle Nachfrage nach Hanf“, 1996, in: HANF, C. A.: „Anbau, Ernte und Aufbereitung sowie Verwertung von Hanf“, Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe" 7, Landwirtschaftsverlag Münster GmbH, 1997, S.623-741

RICHTER, Chr. u. SCHEIDUNG, W.: „Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen - Entwicklungstendenzen und Perspektiven“, Vortrag Facharbeitskreis Faserpflanzen, 1995

RINGLEB, A.; SCHULZ, H. u. MITTLEITNER, H.: „Verwertung von Ölleinstroh als nachwachsender Rohstoff zur Wärme- und Schalldämmung in der Bautechnik“, Landtechnik Weihenstephan, Landtechnik-Bericht, Heft 23, 1995

RINGLEB, A. u. ENGLERT, G.: „Produktionstechnische Alternativen bei der Herstellung von Wärmedämmstoffen aus Flachs“, Tagungsband VDI-MEG- Kolloquium v. 6. u. 7. August 1997, Heft 22, S. 124-135

RÖHRICHT, Chr.; REXROTH, E.; SCHULZ, J.: „Ergebnisse eines Vergleiches europäischer Faserleinsorten unter sächsischen Standortverhältnissen“, Infodienst 5/1995

RÖHRICHT, Chr.; REXROTH, E.; SCHULZ, J.: „Untersuchungen zum Einfluss chemischer und mechanischer Beikrautregulierungen auf Ertrag und Qualität von Faserlein“, LfL, März 1995

RÖHRICHT, Chr.; SCHULZ, J.; NEUBERT, M.: „Ergebnisse eines Vergleichs europäischer Faserleinsorten unter sächsischen Standortbedingungen“, Infodienst LfL 5/1997, S. 57–63

RÖHRICHT, Chr.; SCHULZ, J.; REXROTH, E. u. a.: „Entwicklung eines wirtschaftlichen und umweltgerechten Anbauverfahrens für Faserlein im Freistaat Sachsen“, Abschlußbericht zum Projekt, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft Juni 1997

RÖHRICHT, Chr.; SCHULZ, J.; REXROTH, E.: „Einfluss anbautechnischer Maßnahmen auf Ausbeute und Qualität der Fasern von Faserlein (*Linum usitatissimum* L.) und Hanf (*Cannabis sativa* L.)“, Tagungsband VDI-MEG- Kolloquium v. 6. u. 7. August 1997, Heft 22, S. 166-179

RÖHRICHT, Chr. et al.: „Flachs in Sachsen wirtschaftlich und umweltgerecht“, Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, 3. Jg. Heft 8, 1998

RÖHRICHT, Chr. et al.: „Entwicklung verwendungsorientierter Anbau- und Ernteverfahren für die Faserpflanzen Flachs und Hanf unter den Bedingungen des Freistaates Sachsen“, Zwischenbericht, Berichtszeitraum 1997, März 1998

RÖHRICHT, Chr. u. SCHULZ, J.: „Sortenwahl bei Faserpflanzen“, Bauernzeitung 39 (1998) 12, S. 22–24

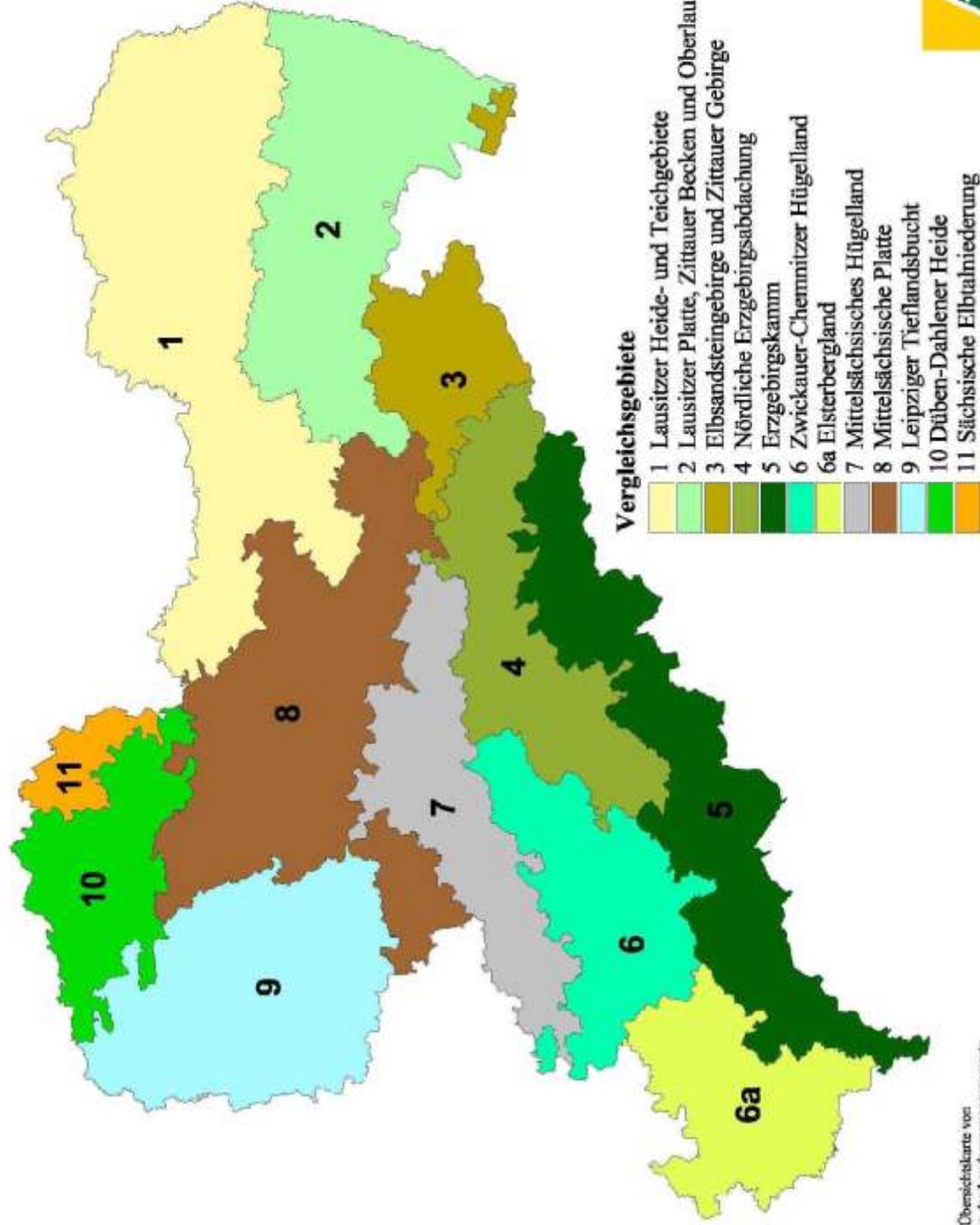
RÖHRICHT, Chr. u. SCHULZ, J.: „Überblick zu Anbau und Verwendung von Faserpflanzen als nachwachsender Rohstoff“, Beratungsmaterial der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Mai 1995, aktualisiert Mai 1999

SCHEER-TRIEBEL, M. et al.: Entwicklung und Abreife von Lein im Hinblick auf die Wahl des Erntetermins, Tagungsband VDI-MEG-Kolloquium , 6.-7. August 1997, Heft 22, S. 44-66

SCHEFFER, K.: „Fasern, Formteile, Öl und Energie aus feuchtkonservierter Biomasse“, Tagungsband „Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ v. 27.-28.5.1997 in Dresden, S. 16-23

- SCHULZ, J.; RÖHRICHT, Chr.; REXROTH, E.: „Voigtsdorfer Verfahren - eine risikoarme und kostengünstige Flachserntetechnologie in Sachsen“, Infodienst der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, 2/1995
- SCHULZ, J.; REXROTH, E.; RÖHRICHT, C. u. a. : „Anbauempfehlungen Faserlein“, Nachwachsende Rohstoffe - Komplexe Beratungsunterlage der LfL, Mai 1995
- SCHULZ, J. et al.: „Das Voigtsdorfer Verfahren, eine risikoarme Flachserntetechnologie im Vergleich zum traditionellen Ernteverfahren und zu Verfahren mit Feldentholzung“, Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, 1. Jg., Heft 2, 1996
- SCHULZ, J.: „Anbau von Faserlein“, Tagung des Facharbeitskreises "Faserpflanzen" am 5.12.95 in Chemnitz, Tagungsband Februar 1996
- SCHULZ, J.: „Wirtschaftliche und verfahrenstechnische Analyse von Flachsernteverfahren“, Vortrag zur Tagung „Situation und Perspektiven des Faserpflanzenanbaus in Deutschland" am 10./11.12.1996 in Freiberg (Tagungsmaterial), DBV Bonn
- SCHULZ, J.: „Flachs auf den Leib geschneidert“, Bauernzeitung 39 (1998), 14, S. 22-24
- SCHULZ, J. u. RÖHRICHT, Chr.: „Flachs - Ernte nach Produktionsziel“, Bauernzeitung 39 (1998), 35, S. 28-29
- SCHULZ, J.; RÖHRICHT, Chr.; GRUNERT, M.: „Faserpflanzenanbau in Sachsen“, Broschüre der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Mai 1999
- SCHULZ, J. u. RÖHRICHT, Chr.: „Wirtschaftlichkeit und Sicherheit verwendungsspezifischer Anbau- und Ernteverfahren bei Flachs“, Vortrag auf dem 1. Symposium Öl- und Faserpflanzen, 8.-9. September 1999 in Lutherstadt Wittenberg; UFOP-Schriften Heft 14, Öl- und Faserpflanzen, Bonn 2000
- SCHULZE, B.: „Pflanzenbauliche Aspekte des Anbaus von Hanf, (*Cannabis sativa* L.)“, Diplomarbeit, Kiel, 1995
- SCHWEIGER, P.: „Hanf- die wiederentdeckte Faserpflanze“, Merkblätter für die umweltgerechte Landbewirtschaftung (11) Nachwachsende Rohstoffe, Faserpflanzen Hanf, 1996
- SCHWEIGER, P.; MASTEL, K. u. STOLZENBURG, K.: Informationen für die Pflanzenproduktion, „Untersuchungen zu pflanzenbaulichen, erntetechnischen und ökonomischen Fragen des Anbaues von Faserhanf“, LAP Forchheim, Info-Heft 9/96
- STEINER, B.: „Hanffasern als Isoliermaterial“, Tagungsband Symposium Biorohstoff Hanf, 2.-5. März 1995, Frankfurt a. M., 2. Aufl., Köln 1995, S. 392-404
- van der WERF, H.: „Crop physiologie of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.)“, Doktorarbeit Landbouweuniversiteit Wageningen, Juni 1994
- VOßKÖTTER, G.: „Flachs in Reibbelägen“, Tagungsband "Statusseminar Flachs" 15.-16. November 1993, S. 256-264
- WELLIE-STEPHAN, O.: Züchtung von speziellen Flachssorten für die industrielle Nutzung, Tagungsband VDI-MEG- Kolloquium vom. 6. bis. 7. August 1997, Heft 22, S. 183-185
- ZIEGSMANN, G.: Faserverbundstoffe - Möglichkeiten der Nutzung natürlicher Fasern, Tagungsband "Verwertung nachwachsender Rohstoffe", 2. Chemnitzer Arbeitsberatung am 27. September 1993, S. 62-67

Die landwirtschaftlichen Vergleichsgebiete im Freistaat Sachsen



Dargestellt auf der Grundlage der Übersichtskarte von Sachsen 1:200 000 mit Genehmigung des Landesvermessungsamts Sachsen; Genehmigungs-Nr. V 03/98. Änderungen und thematische Erweiterungen durch den Herausgeber. Jede Vervielfältigung bedarf der Erlaubnis des Landesvermessungsamts Sachsen.



Sächsische
Landesanstalt für
Landwirtschaft