

Anhang zu

**Nachwachsende Rohstoffe in Baden-Württemberg:
Identifizierung vorteilhafter Produktlinien zur
stofflichen Nutzung unter besonderer
Berücksichtigung umweltgerechter Anbauverfahren**



K.M. Müller-Sämann¹⁾, G. Reinhardt²⁾, R. Vetter¹⁾, S. Gärtner²⁾

¹⁾ Institut für umweltgerechte Landwirtschaft, Müllheim (IfuL)

²⁾ Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (IFEU)

Förderkennzeichen: BWA 20002

Projektlaufzeit : 01.04.00 bis 31.03.02

Das Vorhaben wurde im Rahmen des Förderprojektes „Lebensgrundlage Umwelt und Ihre Sicherung“ (BWPLUS) am Forschungszentrum Karlsruhe mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert.

Anhang I:	
Beschreibung ausgesuchter nachwachsender Rohstoff Kulturen	5
Hochölsäurereiche Sonnenblume	5
Hanf	13
Lein/Flachs	23
Miscanthus	39
Fasernessel	51
Rhabarber	63
Rohrkolben	71
Euphorbia Lagascae	79
Nachtkerze	83
Anhang II	
Übersicht zur Berechnung der P-Austragspotenziale in Oberflächengewässer	87
Anhang III	
Übersicht zur Fruchtfolgegestaltung und zu den errechneten Bodenverdichtungspotenzialen	95
Anhang IV	
Deckungsbeiträge der Produktionsverfahren zur Erzeugung nachwachsender Rohstoffe im Rahmen der Fruchtfolgen	101

HOCHÖLSÄUREREICHE (HO)-SONNENBLUME

Name und Botanik:

<p>Sonnenblume</p> <p><i>(Helianthus annuus L.)</i></p> <p>Familie : Asteraceae</p> <p>Sunflower (engl.) Tournesol (frz.) Girasol (sp.)</p>	 <p>Quelle : IfuL Müllheim</p>
--	--

Herkunft und Eigenschaften

Die Sonnenblume (*Helianthus annuus L.*), deren Heimat das nördliche Amerika ist, zählt mit zu den jüngsten Kulturpflanzen. Wildformen wurden in der neuen Welt schon um 2000 vor Chr. vereinzelt genutzt, die Entwicklung zur Kulturpflanze ging aber von Russland aus. Nach der Entdeckung Amerikas verbreitete sie sich zunächst als Zierpflanze in Europa und wurde etwa ab Beginn des 19. Jahrhunderts in Russland auch zur Ölgewinnung angebaut und laufend züchterisch verbessert: Einstängeligkeit, kurze Wuchsformen mit verbesserter Standfestigkeit, ein Korb, einheitliche Reifezeit und gute Ölerträge konnten entwickelt werden.

HO-Sonnenblumen in Deutschland

Der Anbau von Sonnenblumen als nachwachsender Rohstoff ist in Deutschland mit nur 25.000 ha im Jahr 2000 immer noch unbedeutend gegenüber den Ölfrüchten Raps und Öllein mit 410.000 und 108.000 ha Anbaufläche. Der in den USA und Frankreich schon weit verbreitete Anbau neuer hochölsäurehaltiger („High Oleic“-)Sorten hat aber auch in Deutschland in den letzten Jahren deutlich zugenommen und erreicht nach Schätzungen von Káb (2001) eine Anbaufläche von etwa 9.000 ha (Tabelle H1). Während die Flächen normaler Sonnenblumen nach Reduktion der Beihilfen (wg. der gegenüber anderen Kulturen erhöhten Anbauisiken) rückläufig ist, ist bei HO-Sonnenblumen weiterhin ein positiver Trend erkennbar. Die im Vertragsanbau mit HO-Sorten zu erzielenden höheren Preise tragen hier zur Attraktivität des Anbaus bei - auch bei erhöhtem Ertragsrisiko.

Tabelle H1: Anbauentwicklung bei Sonnenblumen in Deutschland
(Angaben in 1.000 ha); Quelle: Káb (2001)

Anbaufläche	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000 ¹	2001 ¹
Sonnenblumen (gesamt)	188	52	44	34	35	32	25	22
HO- Sonnenblumen	0,26	1,20	0,74	0,70	2,0	5,8	2,6	9,0

¹ Schätzung

Anbau von HO-Sonnenblumen

Bei der Gestaltung der **Fruchtfolge** ist darauf zu achten, dass ein zeitlicher Abstand von mindestens vier Jahren zu Sonnenblumen und anderen Nebenwirten von Krankheiten wie Sclerotinia und Phoma (z. B. Raps, Tabak) eingehalten wird. Als geeignete Vorfrüchte kommen Wintergetreide (hier v.a. Winterweizen) und Mais in Frage. Der Vorfruchtwert von Sonnenblumen ist hoch, da der Boden durch Sonnenblumen intensiv durchwurzelt wird. Sonnenblumen besitzen ein überdurchschnittliches Nährstoffaneignungsvermögen und zeigen in der Fruchtfolge eine humusmehrende Wirkung (ca.70 dt Trockenmasse Hinterlassenschaft). Bei nachfolgendem Weizen ist eine Bekämpfung von Durchwuchs durch Anwendung eines Herbizids (z. B. 90 g/ha *Concert*) bis Schossbeginn erforderlich.

Für den Anbau im Oberrheingraben wurde für die ökobilanziellen Betrachtungen eine viergliedrige Fruchtfolge angenommen: 1. Winterweizen (Zwischenfrucht z.B. Phazelia), 2. Körnermais, 3. Sommergerste (Zwischenfrucht Phazelia-Kleegras) und 4. Sonnenblume (danach Stilllegung).

Standortwahl: Im Sinne einer kostengünstigen Qualitätsproduktion ist die geeignete Standortwahl neben der Sortenwahl die zweite wichtige Voraussetzung für einen erfolgreichen und damit wirtschaftlichen Anbau. Bei später Aussaat (nach Mitte April) und kürzerer Vegetationszeit nehmen die Anbaurisiken zu. Betrachtet man den Faktor "Klima", so eignen sich Standorte mit früher Bodenerwärmung und Aussaat (Bodentemperatur > 6-8 °C), ausreichender Wasserversorgung (500-600 mm von April bis September inkl. der Bodenvorräte) und trockenen, nebelfreien Verhältnissen zur Ernte im September (Fäulnisrisiko durch Sklerotinia und Korbbotrytis) in besonderer Weise.

Aufgrund der Fremdbestäubung mit Pollen, die die Qualität von HO-Material herabsetzen würde, sind Mindestabstände von 200 m zu Flächen mit konventionellen Sonnenblumen einzuhalten. Der Nachbau mit zeitlichen Abständen von weniger als vier Jahren zu Vorkulturen mit konventionellen Sonnenblumen ist wegen der Durchwuchsgefahr und der damit einhergehenden drastischen Qualitätsverluste beim Öl ebenfalls zu vermeiden. Zur Erzielung bester Qualitäten wäre der Isolationsanbau, etwa nur HO-Sonnenblumen in einem ganzen Abschnitt eines Anbaugesbietes (z.B. Oberrheingraben) sinnvoll.

Flachgründige und kalte schwere **Böden** mit zögerlicher Anfangserwärmung und eventuell später Nährstoffmobilisierung, welche die Abreife verzögert, scheidet nach Angaben von Lühs et al. (1999) und Hugger (1989) aus. Optimal sind tiefgründige gut strukturierte Böden (Löß, Lößlehme). Gefügestörungen können zu Durchwurzelungsproblemen und ungleicher Jugendentwicklung führen, die oft nachhaltig die Bestandesqualität beeinträchtigen. Bezüglich des pH-Wertes stellt die Sonnenblume keine besonderen Ansprüche. Auf leichten oder flachgründigen Böden ist die Wasserversorgung nicht gesichert. Da die Sonnenblumenenerträge aber äußerst empfindlich auf Wassermangel zur Blüte reagieren, sind tiefgründige, mittlere Böden mit hoher Wasserspeicherkapazität eindeutig im Vorteil. Nur auf ihnen ist die Wasserversorgung in sommerlichen Trockenperioden gesichert.

Bodenbearbeitung: Eine tiefe Winterfurche wird allgemein empfohlen, da durch die Frostgare das benötigte, feinkrümelige Saatbett relativ leicht geschaffen werden kann. Wegen der nicht unerheblichen Gefahren durch Verschlammung und Bodenerosion sind auf geeigneten mittleren Standorten jedoch Verfahren mit reduzierter Bodenbearbeitung zweckmäßig. Wie in Versuchen am Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung Müllheim (IfuL) gezeigt werden konnte (Lindemann 1999) lassen sich nach abfrierenden Zwischenfrüchten auch mit reduzierter Bodenbearbeitung und Mulchsaat gleichwertige Erträge erzielen. Die Vorteile dieses Anbauverfahrens können also genutzt werden, um den Anbau auch in Bezug auf die Nitratproblematik, den Erhalt der Bodenstruktur und die Vermeidung von Bodenerosion umweltgerechter zu gestalten. Der Wasserhaushalt wurde wegen verbesserter Infiltration auf den Versuchsstandorten nicht belastet.

Aussaat: Die Bodentemperatur sollte bei der Aussaat mindestens ca. 8 °C in 5 cm Bodentiefe betragen. Der Saatzeitpunkt sollte nicht zu spät zwischen Mitte und Ende April liegen. Eine zu frühe Saat in noch kalten Boden führt zu zögerlichem Wachstum sowie zu vermehrtem Schnecken- und Vogelfraß.

Eine frühe Aussaatmöglichkeit und damit eine optimale Ausnutzung der Winterfeuchte ist auch für den Aufbau eines großen vegetativen Apparates vor der Blüte wichtig und legt den Grundstein zu guten Erträgen. Bewässerungsmöglichkeiten sind vorteilhaft, da Wasserstress nach der Blüte einen Rückgang der Ölgehalte bewirkt, ebenso wie alle Faktoren, die zu einer verfrühten Reduktion der assimilierenden Blattfläche führen. Nach Untersuchungen von Alkio et al. (zit. in UFOP 2001) ist die Fetteinlagerung in die Samen (Achänen) des Blütenkorbs von der vorhandenen Blattfläche der oberen 8-10 Blätter nach der Blüte „source“-abhängig.

Für eine Bestandesdichte von etwa 70.000 Pfl./ha (50 cm Reihenabstand x 28,5 cm) liegt die Saattiefe bei 4-5 cm und die Saatmenge bei ca. 5 kg/ha (á 22 €/ha). Bei Bestandesdichten um ca. 70.000 Pflanzen werden gegenüber geringeren Bestandesdichten etwas kleinere Körbe ausgebildet, was einer frühen, gleichmäßigen Abreife förderlich ist (Fäulnisrisiko bei feuchter Herbstwitterung vermindert). Saattechnik: Pneumatische Einzelkornsämaschine (Vakuumprinzip/Mais), Lochscheibe 2,5 mm.

Düngung: Die Düngung erfolgt in zwei Überfahrten (Grunddüngung, N-Düngung). HO-Sonnenblumen haben ein hohes Nährstoffaneignungsvermögen. Um eine unkontrollierte und späte N-Anlieferung zu vermeiden, muss deshalb auf die organische Düngung der Kultur und möglichst auch schon der Vorfrucht verzichtet werden. Auf der anderen Seite sollte möglichst eine N_{min} Bestimmung zur Saat durchgeführt werden, da für eine gute Jugendentwicklung ausreichend Stickstoff verfügbar sein soll (N_{min} vor Saat plus Düngergabe). N-Überschüsse durch Anrechnung auch der nachgelieferten N-Mengen sind nach Möglichkeit zu vermeiden, weil eine späte Anlieferung die Reifedauer und die Lagergefahren erhöht.

Bei der Bemessung der N-Düngung ist unter Berücksichtigung der Bodenvorräte von ca. 2,8 kg N/ha pro dt/Kornertrag auszugehen, die nach der Saat verabreicht werden.

Die Nährstoffentzüge für P_2O_5 , K_2O und MgO liegen pro dt Kornertrag bei 1,6 kg/ha bzw. 2,4 kg/ha und 1,0 kg/ha.

Sonnenblumen besitzen nach Hugger (1989) aufgrund der Bedeutung des Schwefels für die Fettsäuresynthese einen nicht unerheblichen Schwefelbedarf. Er ist allerdings bei Verwendung sulfathaltigen Düngern in der Regel gedeckt. Wo andere Dünger zur Anwendung kommen ist zu beachten, dass der Bedarf der Kultur bei ca. 3 kg SO_3 pro dt liegt. Für Körner wird von einem Entzug von 0,4 kg pro dt ausgegangen. Der Borbedarf von Sonnenblumen liegt bei ca. 42 g/ha oder 5.1 kg/ha Solubor/ha, das mit der Spritze ausgebracht wird (bei einem angenommenen Ertrag von 30 dt/ha).

Pflanzenschutz:

Unkrautbekämpfung:

- a) Als Herbizid wurde für die im Projekt angestellten Berechnungen (4 l/ha in 400 l) im Voraufverfahren angenommen (alternativ StompSC 5 l/ha direkt nach der Saat).
- b) Auch eine mechanische Unkrautbekämpfung ist leicht möglich: mechanische Hacke mit Hohlschutzscheiben nach dem zweiten Blatt und danach bei 20-30cm Wuchshöhe; Erwärmung und Entwicklung werden gefördert; ausreichend bei schwacher Verunkrautung;
- c) Kombination Bandspritzung + Hacke: Dies bedeutet drei Fahrten.

Schädlinge:

In der Jugend: Schnecken, Vögel, Hasen, Rehe.

Relativ hohe Gefahren durch Befall mit Schnecken und Drahtwürmern auf vorherigen Stilllegungsflächen sollte vermieden werden.

Später können Finken und Tauben, vor allem auf kleinen, isolierten Schlägen signifikante Schäden durch Körnerfraß verursachen.

Blattlausbefall: kann bei frühem Befall weniger zu direkten Ertragseinbußen führen als vielmehr zur Begünstigung von Sekundärinfektionen durch Pilze auf gekräuselten Blättern.

Behandlungen mit Pirimor (0,4 kg/ha) sind bis zum Sternstadium möglich und wurden angenommen; danach ist kein Mittel mehr zugelassen. Schadschwellen: bis zum 5-Blatt-Stadium 50 Läuse pro Pflanze und bis zum Sternstadium 50-100 Läuse pro Pflanze.

Krankheiten: Zur Zeit sind keine Fungizide zugelassen.

Vorbeugen von Krankheiten durch weite Fruchtfolgestellung (4-5 Jahre), verhaltene Beregnung und N-Düngung. Nach Mehltaubefall sollte die Stoppeln eingearbeitet werden.

Die wichtigsten und bestandesgefährdenden Krankheiten sind:

Botrytis (Grauschimmel);

Sklerotinia (Stängel- und Korbfäule), Wirkkreis: Raps, Kartoffeln, Tabak, Bohnen, Erbsen,

Falscher Mehltau (Plasmopora), Vorbeugung: Beizen des Saatguts mit Metalaxyl (Apron 35);

Phoma (Stängelverbräunungen).

Sortenwahl: Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Qualitätsproduktion ist die Wahl der geeigneten Sorte, denn die Fettsäurezusammensetzung des Sonnenblumenöls (siehe Tabelle

H2) ist zunächst genetisch festgelegt. Die von der Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen (UFOP 1996-2001) regelmäßig veröffentlichten Sortenversuche geben Auskunft über den letzten Stand der Züchtung und demonstrieren auf eindruckliche Weise die Fortschritte, die in den letzten Jahren bei der Züchtung hochölsäurehaltiger Sonnenblumen bei Qualität und Ertrag gemacht wurden. Alle Spitzensorten (wie z. B. Olsavil, Olstaril, Carioca und Greco) erreichen heute stabile Ölgehalte von gut über 80 % (80plus Öle). Werte von ≥ 90 % (90plus-Öle) werden in Abhängigkeit von Standort, Gesamtertrag und Jahr weniger oft und vornehmlich von den mittelspäten Sorten überschritten. Je nach Sorte kommt es also über die genetische Veranlagung hinaus auch zu mehr oder minder ausgeprägten Schwankungen der Ölgehalte und Fettsäureverteilung, die durch Umwelteinflüsse bedingt sind.

Bei der Sortenauswahl sollten im Interesse eines erfolgreichen Anbaus auch noch die folgenden Kriterien berücksichtigt werden:

- Anpassung an die standörtliche Temperatursumme während der Vegetationszeit.
- Die Unterschiede zwischen mittelfrühen/mittelspäten Sorten gegenüber frühreifen Sorten betragen bei der Reifezeit etwa 10-12 Tage, wobei die Vegetationszeit für Sonnenblumen am Oberrhein etwa 125-145 Tage beträgt.

In der Praxis ist die Sortenwahl über den bei HO-Sorten meist üblichen Vertragsanbau meist schon vorgegeben.

Tabelle H2: Mittlere Zusammensetzung von Sonnenblumenöl und von HO-Sonnenblumenöl in Anbauversuchen der LAP Forchheim nach Angaben von Kerschbaum und Schweiger, LAP Forchheim (1999), n = 18 Sorten.

Fettsäure (FS- Gruppe)	% Fettsäureanteil	
	konvent. Sonnenblumenöl	HO-Sonnenblumenöl
Myristinsäure	0,1	-
Palmitinsäure	6,3	3,6
Stearinsäure	5,0	4,4
Ölsäure	19,9	84,4
Vaccensäure	0,6	0,6
Linolsäure	66,8	5
γ - Linolensäure	0,1	0,1
Arachinsäure	0,3	0,4
Eicosen	0,1	0,2
Erucasäure	-	0,3
Behensäure	0,7	-

Ernte: Die Ernte von HO- Sonnenblumen erfolgt zwischen Mitte September und Anfang Oktober, wenn die Bestände abgetrocknet und die Stängel braun geworden sind. Dabei kann mit einem umgerüsteten Getreidemähdrescher bei niedriger Trommeldrehzahl gearbeitet werden. Kornbeschädigungen sind dabei zu vermeiden, denn sie führen zur Bildung von freien Fettsäuren und damit zu Qualitätsverlusten beim Öl für die industrielle Verwertung. Die Ernte hat spätestens ab 15 % Kornfeuchte zu erfolgen (häufiger in der Praxis auch schon bei 18-20 %), denn die idealen Gehalte von 9 – 12 % werden in unseren Breiten mit

vertretbarem Risiko nur selten erreicht. Im Sinne der Qualitätssicherung ist darauf zu achten, dass das Erntegut nach dem Drusch sofort auf lagerfähige 9 % Feuchtegehalt getrocknet wird!

Die Stoppeln werden anschließend abgemulcht bzw. mit einer Fräse oder einem Zinkenrotor eingearbeitet.

Ertrag: Die Kornerträge der heute verfügbaren Sorten liegen im Mittel bei ca. 30 dt/ha (91 % TM), im Versuchsanbau häufig auch bei 30-40 dt/ha, wobei vereinzelt Erträge nahe an 50 dt/ha erzielt wurden (UFOP 1996-2001).

Die Ölgehalte des Sortensortiments lagen bei Anbauversuchen in Südbaden (IfuL Müllheim) von 1996 bis 2000 zwischen 45 und 50 %, die Ölsäuregehalte im Mittel des Sortiments bei 82-89 %, wobei Einzelsorten in jüngeren Jahren auch die 90 %-Marke überschritten.

Spätere Sorten sind in der Tendenz ertragreicher, allerdings steigen mit zunehmender Spätreife auch die Anbaurisiken deutlich an, denen wegen Spätbefall mit Botrytis und/oder Sclerotinia auch ganze Bestände zum Opfer fallen können.

Qualitätsaspekte: Die verlässliche, umweltfreundliche Bereitstellung homogener, hochwertiger Qualitäten zu einem angemessenen Preis kann für die HO-Sonnenblume - und auch generell für nachwachsende Rohstoffe - als Oberziel formuliert werden. Wenn das genetisch vorhandene Potenzial der Sorten ausgeschöpft wird und ein technisch maßgeschneidertes Öl für die industriellen Anwender und Verarbeiter geliefert werden kann, dann lassen sich hohe Preise am Markt erzielen. Sie liegen für 80-plus- und 90-plus-Öle mit ca. 35 €/dt deutlich über den Preisen konventioneller Sorten (ca. 23 €/dt) und sind die Voraussetzung für die Attraktivität und Wirtschaftlichkeit des Anbaus auf Seiten der Erzeuger. Gelingt es nicht, diese Qualitäten zu erzeugen, so muss das Öl mit dem anderer ölsäureliefernder Pflanzen konkurrieren und verliert an Wettbewerbskraft. Unter deutschen Verhältnissen wären die mit dem Anbau immer noch verbunden Risiken durch Klima und Krankheiten damit in der Regel nicht mehr gerechtfertigt und der Anbau verlöre ähnlich an Boden wie dies bereits bei der konventionellen Sonnenblume beobachtet werden kann (Tabelle H1).

Abbildung H1 zeigt in schematischer Form die Schritte der Qualitätssicherung auf, die nötig sind, um das Potenzial der hohen Wertschöpfung in der Prozesskette vom Anbau bis hin zur Verarbeitung realisieren zu können.

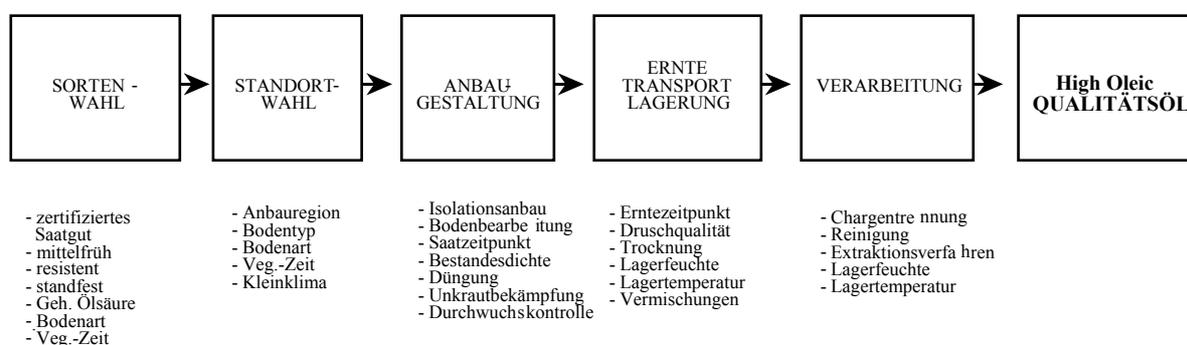


Abbildung H1: Etappen auf dem Weg zur Produktion von hochwertigem HO-Sonnenblumenöl (Qualitätskontrolle).

Produktlinien/ Märkte:

Mit neuen HO-Sorten lassen sich, auch im Vergleich zu anderen Ölsäurepflanzen, bislang unerreichte Ölqualitäten mit über 80 % und neuerdings sogar mit über 90 % Ölsäureanteil, bei gleichzeitig geringen Gehalten an mehrfach ungesättigten Fettsäuren, erzielen. Dadurch eröffnen sich für die Verwendung bessere und neue Möglichkeiten, so dass auch in Deutschland günstige Voraussetzungen für eine weitere Ausdehnung des Anbaus gegeben sind. Die Preise für HO-Öle mit über 80 % Ölsäure können nach Einschätzung von Experten insbesondere bei 90plus®-Ölen mit über 90 % Ölsäureanteil auch langfristig 50 bis 70 Prozent über denen des Rapsöls liegen, wodurch die Wirtschaftlichkeit des Anbaus gegeben ist.

Nach Angaben von Káb (2001) wird das für industrielle Anwendungen maßgeschneiderte HO-Sonnenblumenöl noch vorwiegend im Lebensmittelbereich, z. B. als hochwertiges Fritieröl, verwendet. Es zeichnet sich durch hohe Oxidationsstabilität, gutes Hochtemperaturverhalten, einen hohen Viskositätsindex und durch Freiheit von Transfettsäuren aus. Aufgrund dieser Eigenschaften, die sich aus den einmaligen, hohen Ölsäuregehalten (83-92 %) und geringen Gehalten an C18, C18:2 und C18:3 Begleitfettsäuren ableiten, ist es auch für eine Vielzahl von chemisch-technischen Anwendungen sehr interessant. Dies betrifft nicht nur die Verarbeitungs- und Anwendungseigenschaften in schon bekannten Applikationen, wie z. B. im Schmierstoffbereich, der in dieser Studie gegenüber synthetischen Schmierstoffen auf petrochemischer Basis einer Ökobilanz unterzogen wurde. Noch bestehende Probleme der oxidativen und hydrolytischen Alterung im Bereich pflanzlicher Öle konnten mit HO-Ölen weitgehend ausgeräumt werden und eröffnen neue Marktperspektiven. Zunehmend wird auch die Attraktivität des hochreinen HO-Sonnenblumenöls als wertvoller Chemierohstoff erkannt. Weitgehend unbeeinflusst von sonst auftretenden Begleitfettsäuren lassen sich aus der konzentrierten Ölsäure, z.B. über das Ölsäureozonid Pelargonsäure, Azelainsäure und Aldehyde als chemische Basisbausteine mit hoher Reinheit erzeugen (Frische 2001).

Das Anwendungspotenzial von HO-Produkten im non-food-Bereich wird vom Autor der Studie EU-weit etwa auf 450.000 t pro Jahr geschätzt, wozu im food-Bereich noch einmal 350.000 t/Jahr hinzukommen. Somit ergibt sich ein Gesamtpotenzial von etwa 800.000 t/Jahr, was einer Fläche von etwa 500.000 ha entspricht.

Ausgewählte Adressen (Verarbeitung, Forschung, Beratung):

Fuchs Petrolub AG
Herr R. Luther
Friesenheimer Str. 17
68169 Mannheim
Telefon: 06374/ 924-5
Hohwertige Schmierstoffe auf der Basis nachwachsender Rohstoffe

Dr. Frische GmbH
Industriestr. 13
63755 Alzenau
Telefon: 0 60 23/91-18 60
Gewinnung von Spezialölen und deren Weiterverarbeitung zu funktionellen, langkettigen chemischen Verbindungen

narocon Innovationsberatung Dr. H. Käß
 Kastanienallee 21
 D - 10435 Berlin
 Telefon: 0(049) 30 28096930
 Beratung; Technologietransfer biol. abbaubare Werkstoffe; Oleochemikalien;

Metzeler Schaum GmbH
 Donaustraße
 D - 51 Memmingen
 Postfach: 87700
 Verarbeitung von Sonnenblumenöl, Herstellung von Polyurethan und Matratzen

Henkel KGaA
 Henkelstraße 67
 D - 40191 Düsseldorf
 Telefon: 0(049) 211 7970
 Ölchemie auf Basis nachwachsender Rohstoffe

HFB Engineering GmbH >>
 Zschortauer Straße 42
 04129 Leipzig
 Telefon: 0341 / 5 63 63 09
 Versuche mit HO Sonnenblumenmark als Dämmstoff oder für Leichtplatten

Literatur:

- Frische, R. 2001. HO-Sonnenblumenöl-Anwendungen in der chemischen Industrie. Rede auf dem Carmen-Forum 2001. C.A.R.M.E.N, Straubing.
- Hugger, H. 1989. Sonnenblumen: Züchtung, Anbau, Verarbeitung. 95 S., Stuttgart, Ulmer.
- Kerschbaum, S., P. Schweiger, 2001. Untersuchungen über die Fettsäure- und Tocopherolgehalte von Pflanzenölen. Informationen für die Pflanzenproduktion Sonderheft 1/2001. 51 S., Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim, Rheinstetten
- Lühs, W., D. W. Friedt, B. Schlüter, 1999. Anbauempfehlungen für hochölsäurehaltige Sonnenblumen (HO-Sonnenblumen) in Deutschland. 4. Auflage. 25 S., Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Inst. für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft.
- UFOP (Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen) 1996-2001. Sortenversuche zu Winterraps, Ackerbohnen, Futtererbsen und Sonnenblumen. Bonn.
- Internetquellen: [http://: www.ufop.de](http://www.ufop.de) ; www.fao.org ; www.inaro.org ; www.high-oleic.de, www.fnr.de,

Förderangaben:

Das Vorhaben wurde im Rahmen des Förderprojektes "Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung" (BW-PLUS) am Forschungszentrum Karlsruhe mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert. (Zuwendungsnummer: BWA 20002)

HANF**Name und Botanik:**

<p>Hanf</p> <p><i>Cannabis sativa L.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ordnung: Urticales - Familie: Cannabidaceae (Hanfgewächse) - Gattung: Cannabis 	<p>Hemp (engl.)</p> <p>Chanvre (frz.)</p> <p>Cáñamo (sp.)</p>	 <p>Foto: IfuL Müllheim</p>
--	---	---

Biologie und Herkunft

Vorkommen: Die Hanfpflanze stammt aus gemäßigten Breiten Zentralasiens und hat weltweite Verbreitung gefunden. In China ist sie schon vor Jahrtausenden als Kulturpflanze nachgewiesen. Frühe Funde in Baden Württemberg gehen bis in die Hallstadtzeit zurück. In Deutschland ist Hanfanbau erst seit 1996 wieder zugelassen. Zum Anbau kommen dabei nur "drogenfreie" Pflanzen mit weniger als 0,2 % THC Gehalt.

Wuchshöhe und Wuchsform: Einjährige Pflanze mit Pfahlwurzel und eckigem Stängel. Dieser besteht aus einem inneren Holzteil (Schäben) und einer äußeren Bastschicht mit Bastfasern; das Blatt aus 5-10 Blattfingern und einem weiblichen bzw. männlichen Blütenstand (einhäusig). Es kommen aber auch zweihäusige Sorten (z.B. Kompolti) zum Anbau. Der schnellwüchsige Hanf wird innerhalb von 3 Monaten bis zu 4 Meter hoch und kann als anspruchslose Pflanze eingestuft werden.

Der Anbau erfolgt zur Faser- und Ölgewinnung und als Drogenpflanze.

Hanfanbau in Deutschland und Baden Württemberg: Der europäische Hanfanbau ist im Vergleich zum Flachs eher unbedeutend. So hat in der EU bis zu den 90iger Jahren nur Frankreich in nennenswerten Umfang Hanf angebaut. Dies ist z.T. darauf zurückzuführen, dass in vielen Ländern der EU der Hanfanbau aufgrund der Drogengesetzgebung verboten war. Mit der Lockerung der Gesetzgebung zum Anbau von Nutzhanf in den 90iger Jahren sind neben Frankreich auch Deutschland, Holland, Spanien und England wieder in den Hanfanbau eingestiegen. Damit hat sich die Anbaufläche von gut 4.000 ha im Jahre 1990 auf fast 23.000 ha im Jahre 1997 ausgeweitet. Insgesamt ist der Hanfanbau mit ca. 4.100 ha in Deutschland und ca. 500 ha in Baden-Württemberg im Gegensatz zur EU bedeutender als der Flachs-anbau. Die erste deutsche Hanffaseraufschlussanlage wurde 1996 in Malsch (Baden-Württemberg) in Betrieb genommen. Die Flächen für den Vertragsanbau von Hanf haben sich seither, trotz mancher Rückschläge für das Unternehmen, kontinuierlich ausgeweitet.

Anbau

Standortwahl: Hanf bevorzugt warmes, ausreichend sonnenfeuchtes Klima mit Jahresniederschlägen, die über 750 mm liegen sollten (Mai-August ca. 300-500 mm). Für optimale Erträge und Qualitäten sind tiefgründige, mittlere Böden mit guter Wasserführung und ungestörtem Bodenprofil nötig. Auf Staunässe und Bodenverdichtungen reagiert der Hanf sehr empfindlich. Humusreiche Böden mit neutralem pH-Wert und mittlerer Nährstoffversorgung sind am besten geeignet. Die Nutzung trockener, leichter Standorte oder sehr schwerer Böden ist mit hohen Risiken für Ertrag und Qualität verbunden. Je nach Sorte sind Temperatursummen von ca. 2.000 °C in 130 Tagen bzw. 2.200-2.800 °C in 160-180 Tagen bei späten, ertragreichen Sorten notwendig.

Stellung in der Fruchtfolge und Fruchtfolgewert: Hanf gilt als sehr gute Vor- und Zweitfrucht und ist gut selbstverträglich (Nachbau möglich). Aufgrund schnellen Aufwuchses und intensiver Beschattung konkurriert Hanf sehr stark mit Beikräutern. Diese Eigenschaft kommt besonders in Fruchtfolgen mit einem hohen Anteil an Sommerungen positiv zum Tragen. Die Durchwurzelung des Bodens ist intensiv und mit einer Pfahlwurzel auch relativ tief, so dass zur guten Schattengare ein guter Bodenaufschluss hinzukommt. Hanf wirkt außerdem dem Auftreten von Nematoden und der Rapswelke entgegen und passt bei fast allen Kulturen als Vor- und Nachfrucht. Sein Vorfruchtwert wird deshalb sehr geschätzt und trägt mit zur Akzeptanz des Anbaus, auch bei geringeren Deckungsbeiträgen als Mais, bei.

Sortenwahl: In Deutschland sind nur die Sorten des EU-Sortenkatalogs zugelassen. Dabei handelt es sich um Hanfsorten mit Gehalten an THC (D⁹-Tetrahydrocannabinol), von < 0,3 %. Sorten mit höheren Gehalten des psychoaktiven Wirkstoffs sind verboten. Auch ist die Verwendung zertifizierten Saatgutes mit Vorlage der Etiketten vorgeschrieben. Bei Kombi-Nutzung, die wegen höherer Wirtschaftlichkeit und Fortschritten in der Erntetechnik immer mehr in den Vordergrund rückt, können Sorten wie etwa Felina 34 und Fedora 17 und 19 angebaut werden. In der Praxis kommt es bei der Sortenwahl aber meist auf die Ansprüche und Wünsche des Verarbeiters an, so dass die Sortenwahl in der Regel mit dem Verarbeiter nach dessen Qualitätsanforderungen abzustimmen ist. Umfangreiche Sortenversuche wurden von der LAP Forchheim und dem IfUL in Müllheim durchgeführt (siehe Adressen am Ende des Kapitels).

Bodenbearbeitung: Bei Vorliegen eines gut wasserführenden, mittel bis leicht erwärmbaren Standorts ohne Strukturstörungen (Hanf reagiert sehr empfindlich auf Verdichtungen und Strukturstörungen im Boden) ist Mulchsaat nach abfrierender Zwischenfrucht (z. B. Phazelia) im Frühjahr ohne weiteres möglich. Bewährt hat sich auch Kieseleggendrillsaat. Als Standardverfahren und auf etwas weniger optimalen Standorten empfohlen wird eine tiefgründige Bodenlockerung mit Herbstfurche. Bei der Saatbettbereitung im Frühjahr ist auf ein feinkrümeliges Saatbett und die Erhaltung der Bodenwasservorräte zu achten. Insbesondere bei nasskalter Witterung ist beim Auflaufen neuer Saaten auf Schnecken zu achten.

Aussaat und Bestandespflege: Für die Aussaat sollten als Bedingung für einen gleichmäßigen Aufgang Bodentemperaturen von mindestens 6-8 °C herrschen, besser sind für einen zügigen Aufgang Bodentemperaturen von 10-12 °C. Eine frühe Aussaat (ab zweiter Aprildekade) ist günstig im Sinne der Wasserversorgung, des Samenansatzes und der Erntebedingungen.

Für die Fasernutzung kommen als Zweitfrucht auch noch Saaten nach Frühkartoffeln bis Anfang Juni in Frage (hier kann Hanf als Zweitfrucht zur Verringerung der Nitratauswaschungsgefahr eingesetzt werden). Die Saatstärke sollte für eine Kombinationsnutzung, bei der eine kurze Blüte und gleichmäßige Abreife angestrebt wird, bei etwa 250-300 g.K/m² liegen. Dies entspricht einem TKG von 16-18 (20) g einer Aussaatmenge von ca. 40-45 kg/ha. Auf humusreichen Böden und bei kombinierter Nutzung von Samen und Fasern liegen die Saatmengen im niedrigen Bereich, bei reiner Fasernutzung und auf Mineralböden eher im oberen Bereich. Die Saattiefe beträgt je nach Bodenverhältnissen zwischen 2,5 und 4 cm. Die empfohlenen Reihenabstände liegen zwischen 7 und 20 cm (Moorboden > Mineralboden, Samen > Fasern). Der Aufgang erfolgt nach ca. 4-5 Tagen, der Reihenschluss nach ca. 5 Wochen.

Krankheiten und Schädlinge: Bei Einhaltung einer Fruchtfolge, der Verwendung gesunden Saatguts und vorbeugender Kulturmaßnahmen ist eine Bekämpfung in Deutschland bisher nicht notwendig geworden. Auf Herbizide, Fungizide und Insektizide kann beim Anbau deshalb bisher verzichtet werden. Allenfalls Vogelfraß und Befall durch Schnecken nach der Saat können bei zögerlicher Anfangsentwicklung die Bestände schädigen. In Deutschland und Baden-Württemberg sind folgende unbedeutende Schadorganismen bei Hanf bekannt: Botrytis, Sklerotinia, Fusarium, Spherella, Phoma, Hanfwürger, Hanfkrebs, Hanf-Erdflöhen u.a..

Düngung und Erträge: Zur Anlage von Fasernessel können einmalig und mit guter Wirkung auf die Etablierung 200 dt/ha Stallmist vor dem Anpflanzen gegeben werden (ca. 90 kg/ha N, 25 kg P₂O₅, 110 kg K₂O und 18 kg MgO pro ha).

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick zu den Nährstoffentzügen von Faserhanf bei Doppelnutzung, wie er in dieser Studie für die Bewertung herangezogen wurde.

Tabelle C1: Nährstoffentzüge von Faserhanf mit Doppelnutzung laut Analysen von Stolzenberg et al (1998); Ertragsangaben nach Frank, BaFa (2000).

		N	P ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	S.
Nährstoff- gehalte	Gehalte pro dt Stroh (85 % TM)	0,43	0,68	1,39	0,23	1,28	
	Entzug Stroh bei 81 dt/ha (85 % TM)	34,8	55,1	112,6	18,6	103,7	-
	Gehalte Korn/dt (TM)	3,66	2,84	1,04	0,80	0,27	0,3
	Entzug 10 dt/ha	33,3	25,8	9,5	7,3	2,5	3,0
	Entzug gesamt	71,4	83,5	123	26,6	106,4	3,0
	+ 20 kg N unvermeidbare Verluste						
	Düngung nach Entzug:	88,1	80,9	122,1	26	106	3,0

Späte oder übermäßige N-Anlieferung führt zu Reifeverzögerungen der Samen und sollte deshalb vermieden werden. Aus diesem Grund sollte auch die Anwendung von Wirtschaftsdüngern zu Hanf bei Samennutzung möglichst unterbleiben.

Die Erträge bei Hanf liegen für Stroh je nach Sorte und Boden zwischen 60 und 120 dt/ha und für Samen zwischen 8 und 14 dt, wobei die jeweils hohen Ertragsangaben für Faser- bzw. Samenertragstypen gelten. In mehrjährigen Untersuchungen des IfuL Müllheim konnten im Schnitt von 6 Sorten im Mittel 2,5 t Faser (ca 30 % des Strohertrages) und 1,2 t Korn geerntet

werden. Die Sorte Kompolti lieferte höchste Faserträge (3,7 t/ha), die Sorte Felina die höchsten Kornerträge 1,6 t/ha bei gleichzeitig guten Fasererträgen (2,8 t/ha). Nach Angaben der BaFa (Malsch) erzielten die Vertragspartner der Verarbeitungsanlage im Jahr 2000 im Durchschnitt 81 dt/ha geröstetes und gepresstes Hanfstroh und ca. 1.000 kg/ha Samen.

Ernte: Bei Nutzung der Kurzfaser liegt der optimale Erntezeitpunkt von Hanf für die Fasergewinnung früher als der Erntetermin für die Samen- oder Ölgewinnung. Nach neueren Untersuchungen der LAP (2001) lassen sich mit früheren Sorten bei Anwendung des Verfahrens der Ganzpflanzernnte aber gute Erträge und Qualitäten bei Öl und Faser erzielen. Sie sind nach dem Wegfall der Hanfbeihilfen notwendig und wichtig, um die Rentabilität des Anbaus sicherzustellen.

Beim Drusch werden die Hanfstängel auf 60 cm eingekürzt, was die nachfolgende Verarbeitung (Ganzfaserlinie) erleichtert. Dazu verbleibt der Hanf nach dem Schnitt auf dem Feld (Bodentrocknung) und muss während 2-3 Wochen geröstet werden. 2-3maliges Wenden ist notwendig. Ideales Wetter für diese Phase ist der Wechsel von sonnigen Tagen mit Taubildung in der Nacht. Bei der anschließenden Ernte des Stängelstrohs sollte für eine gute Weiterverarbeitung ein mittlerer Röstgrad (3-4) erreicht sein. Außerdem sollte das Erntegut unter 18 % (besser 15 %) Feuchte aufweisen, wenn es in dichte Quaderballen gepresst wird (ca. 250 kg/Ballen).

Nach dem Wegfall der Hanfbeihilfen ist die Wirtschaftlichkeit der Hanferzeugung in Deutschland stark unter Druck geraten. Unter diesen Umständen kommt der Reduktion der Kosten bzw. der Steigerung der Arbeitsproduktivität eine hervorragende Bedeutung zu. Auch wird die Nutzung und Weiterverarbeitung aller Pflanzenteile und Nebenprodukte zunehmend wichtig für die Wirtschaftlichkeit des Anbaus. Da die Kultur mit relativ geringer Intensität betrieben werden kann, bestehen Potenziale zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit vor allem bei der Ernte. Bei der durchgeführten Bilanzierung der Kultur wurde das aktuell beste Verfahren der Vollernte von Samen und Fasern zugrunde gelegt, wie es im Rahmen eines Projektes des BMVEL (FNR) mit der LAP Forchheim, der Deutz/Fahr Erntetechnik GmbH und der Landmaschinenvertretung Götz in Bühl-Moos entwickelt wurde.

Der Hanf wird hierbei durch ein Sägeblatt am Kemper-Vorsatz des Mähdreschers (240 PS) abgesägt und gleichzeitig mit einem Haltebügel festgehalten und in Längsrichtung zum Einzug gebracht. Danach wird das untere Ende der Hanfpflanze von den Einzugswalzen erfasst und der Schneidetrommel zugeführt. Sie läuft synchron mit den Einzugstrommeln, um eine exakte Einkürzung von 60 cm zu erreichen. Nach der Schneidetrommel wird der geschnittene Hanf über den Schrägförderer der Dreschtrommel zugeführt. Die ausgedroschenen Hanfkörner werden vom Dreschkorb und von den Schüttlern über den Vorbereitungsboden zu den Sieben gebracht, wo sie gereinigt und über den Elevator in den Korntank gelangen. Die eingekürzten Hanfstängel werden über die Schüttler auf einem breiten Schwad locker hinter dem Mähdrescher abgelegt (Abbildung C1). Die Arbeitsleistung bei diesem Verfahren beträgt je nach Ertrag und Reifezustand (stark abgereifte strohige Bestände führen bisweilen noch zum „Wickeln“) ca. 1,5 ha/h. Dies entspricht einer Arbeitszeit für den Mähdrusch von 0,7 Akh/ha.



Verarbeitung von Hanf zur Fasergewinnung: Mähdrescher mit Spezialvorsatz zur kombinierten Ernte von Faser und Hanfsamen (Foto: Götz, Bühl-Moos).

1 Traditionelles Verfahren:

Produkte: Langfasern, Werg und Schäben;

An die Röste schließen sich an:

- Trocknen
- Brechen: Holzteile werden durch Quetschen und Schlagen von den Fasern entfernt;
- Schwingen: die Fasern werden durch grobe Kämme gezogen und so weiter von Holzteilen befreit;
- Hecheln: die Fasern werden gekämmt.

Das Verfahren wird in Westeuropa aus arbeitsökonomischen und ökologischen Gründen nicht mehr praktiziert.

2 Mechanische, maschinelle Verfahren oder Trockenaufschluss

Produkte: Kurzfaserbündel, Schäben

Anlagenbau: TEMAFA (Bergisch Gladbach), Charle & Co. (Belgien, Kortrijk-Bissegem), La Roche (Frankreich)

Anlagenentwicklung auch bei Silsoe Research Institut (England, Silsoe Bedford)

Die Faseraufschlussanlagen verwenden oft eine Kombination aus verschiedenen Anlageelementen:

- Das Erntegut wird nach der Feldröste in Ballen gepresst und der Anlage zugeführt.
- Ballenöffner

- Brechen: gezahnte Walzen trennen Holzteile von den Fasern
- Freilegung der Fasern durch verschiedene Auflöse- und Reinigungsstufen: je nach Firma unterschiedliche Verfahren zum Brechen, Ziehen, Reißen
- Die Länge der Fasern und der Grad der Kotonisierung wird je nach Verwertung angepasst.
- Die Fasern werden hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt und können geschädigt werden. Der Faserstaub ist lungengängig; MAK-Wert: 2 mg Staub/m³.

Dieses Verfahren ist in Deutschland üblich.

3 Dampfaufschlussverfahren

Produkte: Fasern, die den Anforderungen der weiteren Verarbeitung weitgehend angepaßt werden, Schäben

Näheres zum Verfahren: Institut für Angewandte Forschung, Reutlingen

- Rohmaterial: entholzte Fasern
- Imprägnierung: mit Lauge oder anderen Hilfsmitteln
- Dampfbehandlung: definierter Druck, Temperatur, Zeit (je nach Ausgangsmaterial und gefordertem Endprodukt)
- Steam-Explosion und Austrag: schlagartige Entspannung und Beschleunigung der Fasern durch Druckabfall
- Nachbehandlung: z.B. Spülen, Waschen, Bleichen (je nach Endprodukt)

4 Ultraschallverfahren

Produkte: weitgehend elementarisierte Fasern, Schäben

Verfahren: ECCO-Gleittechnik

Das Stroh (auch ungeröstet) wird in einer leicht alkalischen Lösung Ultraschallwellen ausgesetzt. Das Verfahren ist bisher noch nicht ausreichend erprobt.

5 Chemischer Aufschluss

Die Fasern werden durch Kochen in Lauge aufgeschlossen, u. a. auch bei der Großen Brennessel und Ramiepflanze. Dabei können die Fasern allerdings auch angegriffen und teilweise zersetzt werden.

Nutzung und Verwertung:

Die Fasern dienen zur Herstellung von Papier, Dämmstoffen, Formteilen (z.B. Automobilbau), für technische Textilien, Geotextilien und für Bekleidungsartikel.

Textile Anwendungen von Hanffasern haben auf die speziellen Eigenschaften der Faserbündel (650-3.000 mm Länge) und der Faserzellen (5-55 mm) Rücksicht zu nehmen.

Traditionell erfolgt die Garnerzeugung aus Hanf auf Maschinen für die Bastfaserspinnerei, die jedoch gegenüber neueren Verfahren, wie sie etwa bei der Baumwollspinnerei angewandt werden, veraltet und relativ teuer sind.

Jüngere Bestrebungen gehen deshalb dahin, die gegenüber Baumwolle groben (Faserfeinheit dtex 3,3-22,2 gegen 1,0-4,0) und spröden Hanffasern mit hoher Biegesteifigkeit mit chemisch-physikalischen (Naß)-Aufschlussverfahren zu kotonisieren (in Feinheit, Weichheit und Spinneigenschaften an Baumwolle anzugleichen), um sie dann mit effizienten Techniken

der Baumwollverarbeitung wirtschaftlich zu hochwertigen Produkten weiterverarbeiten zu können.

Aktuell noch aussichtsreicher, technisch ausgereift und mit langsam wachsenden Märkten wirtschaftlich bedeutender sind für die Ganzfaserlinie in Deutschland die technischen Anwendungen bei Vliesen, Verbundwerkstoffen und Dämmstoffen, obwohl hier langfristig weniger Wertschöpfungspotenzial gegeben ist. Zahlreiche Formteile für Verpackungen und technische Bauteile können und werden heute schon mit Hanfvliesen und Kunststoffen, Biokunststoffen oder Harzen hergestellt oder verstärkt. Im Automobil- und Fahrzeugbau etwa können mit Hanfvliesen hergestellte, relativ leichtgewichtige Verbundstoffteile anstelle der häufig verwendeten ABS Bauteile eingesetzt werden (ABS=Acryl-Butadien-Styrol-Terpolymerisat).

Die **Schäben** (Holzteile der Hanfstängel), die als Nebenprodukt bei der Fasergewinnung anfallen, tragen erheblich zur Wirtschaftlichkeit der Hanfnutzung bei und werden zur Herstellung von Dämm- und Isolierstoffen, Verpackungsmaterial, als Tiereinstreu und für die Herstellung technisch hochwertiger formstabiler Leichtbauplatten verarbeitet.

In der Tierernährung ist die Verwendung als Vogelfutter ein traditionell wichtiger Markt für Hanfsamen.

Lebensmittelbereich: Die Nutzung von Hanf in der menschlichen Ernährung und die Verwendung in der Lebensmittelindustrie zeigt seit dem erneuten Anbau drogenarmer Pflanzen steigende Tendenzen. Geröstet kann Hanfsamen (botanisch gesehen Nussfrüchte) auch als Snack verabreicht werden. In geschroteter Form wird er in Müslimischungen verwendet und wird auch häufig und mit zunehmender Popularität Brotbackmischungen oder dem Brotteig beigemischt. Das Öl der Hanfsamen, das von Natur aus eine grüne Färbung aufweist, zählt ernährungsphysiologisch zu den wertvollen Speiseöle und lässt sich wegen des hohen Anteils von mehrfach ungesättigten Fettsäuren von der Zusammensetzung am ehesten mit Distelöl vergleichen. Es findet in der kalten Küche z. B. bei Salaten Verwendung. Es eignet sich wegen der hohen Oxidationsempfindlichkeit nicht für das Braten. Das Verhältnis von Omega 6 : Omega 3 Fettsäuren, das in der menschlichen Ernährung bei etwa 4:1 liegen sollte, bei den heutigen Verzehrsgewohnheiten aber tatsächlich bei etwa 10:1 liegt, kann durch die Verwendung von Hanföl mit einem Verhältnis von 3:1 erheblich verbessert werden. Weitere Pluspunkte, die für die gesundheitsfördernde Wirkung von Hanföl sprechen, sind die relativ hohen Gehalte der seltenen stoffwechselwirksamen Fettsäuren Gamma-Linolensäure und Stearidonsäure. Mit 3,6-3,7 Gramm pro Kilogramm liegt auch der Gehalt an Phytosterinen hoch, die als Gegenspieler des Cholesterins zur Senkung zu hoher Blutwerte beitragen.

Im technischen Bereich wird das Öl auch bei Ölfarben, in der Tensidproduktion und in kosmetischen Artikeln eingesetzt.

Medizinische Verwendung: Die Nutzung der Fruchthüllen (Brackteen) für medizinische Zwecke ist in China seit vielen Jahrtausenden bekannt. Auch heute wird Hanf (THC) in vielfältigen Anwendungen als Therapeuticum eingesetzt oder wird in Tees verwendet. Auch spezielle Duftessenzen des Hanfes konnten in den vergangenen Jahren mit hoher Wertschöpfung erfolgreich am Markt untergebracht werden.

Adressen zu Hanf:

Internetadressen:

<http://www.inaro.de>

<http://www.nova-institut.de>

Einrichtungen:

Landesanstalt für Pflanzenbau
Forchheim
Kutschenweg 20
76287 Rheinstetten
Anbauforschung, Ölqualität, Erntetechnik

Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung Müllheim
Auf der Breite 7
79379 Müllheim
Telefon: 07631/3684-0
Anbaufragen, Verwertung, Anbausysteme

Badische Naturfaseraufbereitung (BAFA) GmbH
Stephanstr. 2
D - 76316 Malsch
Telefon: 07246/942374
Hanf Vertragsanbau, Faseraufschluss; Anlagenbetreiber, Hanfvliese, Schäben, Pferdeeinstreu
etc.

AgroSys
Pferdsfeld 1
55566 Bad Sobernheim,
Entwicklung von Hanfprodukten unter anderem auch Leichtbauplatten aus Hanfschäben

Weiterführende Literatur:

- Azarschab, M. (1997-1998): Einfluß neuer Verfahren bei mechanischem Faseraufschluss von Flachs auf die Fasereigenschaften und die Weiterverarbeitung. Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf
- Mediavilla, V., M. Jonquera, I.Schmid-Slembrouck, A.Soldati (1999): A decimal code for growth stages of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.). *Journal of International Hemp Association* 5(2): 54, 68 - 74
- Mediavilla, V., Bassetti, P., Paolo, Konermann, M., Schmid-Slembrouck, I. (1998): Optimierung der Stickstoffdüngung und Saatmenge im Hanfanbau. *Agrarforschung* 5/1998
- Mediavilla, V., Jonquera, M.; Schmid-Slembrouck, I., Soldati, A. (1998): Decimal code for growth stages of hemp (*Cannabis sativa* L.). *Journal of the International Hemp Association* 5(2): 54, 68 – 74
- Mediavilla, V., P. Bassetti, M. Konermann, I. Schmid-Slembrouck: Optimierung der Stickstoffdüngung und Saatmenge im Hanfanbau. *AGRARFORSCHUNG* 5 (5): 241-244.
- Spieß, E. (1998): Flachs und Hanf: Neue Technologien zur Ernte und Verarbeitung. *AGRARFORSCHUNG* 5(5): 262-263, 1998

- Spiess, E., Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356-Tänikon, (1998). Flachs und Hanf: Neue Technologien zur Ernte und Verarbeitung. AGRARFORSCHUNG 5(5): 262-263, 1998
- Spiess, E., Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356-Tänikon (1997). Ernte von Körnerhanf - Mensch und Technik sind gefordert.

Förderangaben:

Das Vorhaben wurde im Rahmen des Förderprojektes "Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung" (BW-PLUS) am Forschungszentrum Karlsruhe mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert. (Zuwendungsnummer: BWA 20002)

FASERLEIN

Name und Botanik:

<p>Faserlein (Flachs)</p> <p><i>Linum usitatissimum</i> L.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ordnung: Linales, - Familie Linaceae, - Gattung: Linum). - Stammform <i>Linum angustifolium</i> <p>Flax (engl.) Lin (frz.) Lino (sp.)</p>	 <p>Foto: Keller, Ökolin</p>
--	--

Wuchshöhe und Wuchsform

Die Flachspflanzen mit ihren schmalen Blättern werden für die Fasernutzung in hohen Dichten gesät und erreichen bei Fasernutzung Wuchshöhen von 90-150 cm, während die Wuchshöhe der weniger dicht gesäten Bestände für Industriefasern und Öllein 60-90 cm erreichen. Ölleintypen haben 5-8 Kapseln mit je 5-10 Samen. Bei Fasernutzung haben die Pflanzen 1-3 Kapseln.

Die Bastfaserbündeln des Stängels machen den wirtschaftlichen Wert des Lein aus. Sie sind in der Rinde um den inneren Holzteil des Stängels herum angeordnet und bestehen nach Untersuchungen der Fachhochschule Reutlingen vorwiegend aus Zellulose (65 %) und Hemizellulose (16 %), Pektin (3 %), Lignin (2,5 %) und Eiweiß, Fetten, Wachsen und ca. 8 % Feuchte (PRAETZ, o.J.). Die Elementarfaserlänge bei Lein beträgt im Mittel ca. 10-40 cm und nimmt in der Tendenz vom unteren zum oberen Stängelabschnitt zu. Die Einzelfaserdicke schwankt zwischen ca. 20 µm in den oberen und 50 µm am Stängelfuß.

Zucht

Durch Auslese und Zucht sind relativ kurzwüchsige, verzweigende Ölleine mit geschlossen bleibender Kapsel, hochwüchsige Faserleine und Kombinationstypen entstanden. Zur Langfasergewinnung sind Typen mit langen, dicken, unverzweigten Stängeln und hohem Fasergehalt erwünscht. Eine Kombination beider Nutzungsrichtungen wird mit neuen Ölfaserleinsorten und dem Industriefaserlein angestrebt.

Bei der Flachszucht stehen die Verbesserungen der Fasergehalte, des Faserertrages und die Qualität der Fasern im Vordergrund. Weitere Zuchtziele sind Standfestigkeit und Krankheitsresistenz (insbesondere Fusariumresistenz).

Herkunft und Vorkommen

Lein stammt aus Südwestasien. Er gehört mit Gerste und Weizen zu den ältesten Kulturpflanzen. Er wurde schon vor 6.000-8.000 Jahren von den Ägyptern und Sumerern angebaut und kam in der jüngeren Steinzeit (ca. 3. Jahrtausend v. Chr.) in das südliche Mitteleuropa. Als Stammform wird die schmalblättrige, ausdauernde Wildart *Linum angustifolium* angesehen.

Wie schon im Namen zum Ausdruck kommt, kann die „äußerst nützliche“ Pflanze mit ihren reißfesten Bastfasern und dem Öl der Samen vielfältig verwendet werden.

Produktionsländer

Der Anbau von Flachs wurde und wird weltweit durch andere Fasern und Kunstfasern stark bedrängt, so dass er in Deutschland nach dem Krieg, in dem er eine kleine Renaissance erlebt hatte, zunächst völlig verschwand. Erst in den achtziger Jahren taucht er in den Agrarstatistiken wieder auf, erlebte Mitte der neunziger Jahre aufgrund der EU Beihilfen zum Anbau von Faserlein und verschiedenen Förderprogrammen zur Auf- und Weiterverarbeitung zu hochwertigen Produkten eine kleine Blüte und ging danach wieder rasch auf ca. 400 ha in im Jahr 2000 zurück (Tabelle L1). In der EU existiert nur in Frankreich und den Benelux-Ländern ein mehr oder minder kontinuierlicher Anbau. Allerdings steht in diesen Ländern nicht, wie in Deutschland, die stofflich industrielle Verwertung der Gesamt- oder Kurzfasern im Vordergrund, sondern die Erzeugung von hochwertiger Langfaser für textile Verarbeitung (FNR 2000), von der auch Teile in den Export gehen.

Tabelle L1: Faserlein Anbauflächen in ha in einigen Produktionsländern und in Deutschland seit 1970.

Land/Jahr	1970	1980	1990	1995	2000
GUS Staaten	1.284.000	1.119.600	772.600	385.954	229.400
China	48.125	113.000	90.067	115.110	46.000
Benelux	13.438	11.315	17.257	14.954	14.500
Frankreich	39.703	49.000	60.927	54.016	55.000
Argentinien	3.650	2.200	2.500	2.800	2.700
Ägypten	8.417	28.570	12.910	13.000	14.500
Deutschland	-	-	1.465	3.371	402
Welt gesamt	1.598.391	1.520.686	1.039.344	838.508	491.083

Quelle: FAO /2001; Arbeitsdokument der EG Kommission (1993)

Anbau in Deutschland und Baden-Württemberg

In Deutschland wurde 2001 fast die Hälfte des Flachs (150 ha von 350 ha) in Sachsen (Erzgebirge, Oberlausitz) angebaut, wo der Anbau durch eine neue Aufarbeitungsanlage in Voigtsdorf stimuliert wurde (Agra-Europe 2001). Langfristig wird dort das Flächenpotenzial bis 2006 auf 20.000 bis 40.000 ha geschätzt. Auch in Schleswig-Holstein findet ein nennenswerter Anbau statt.

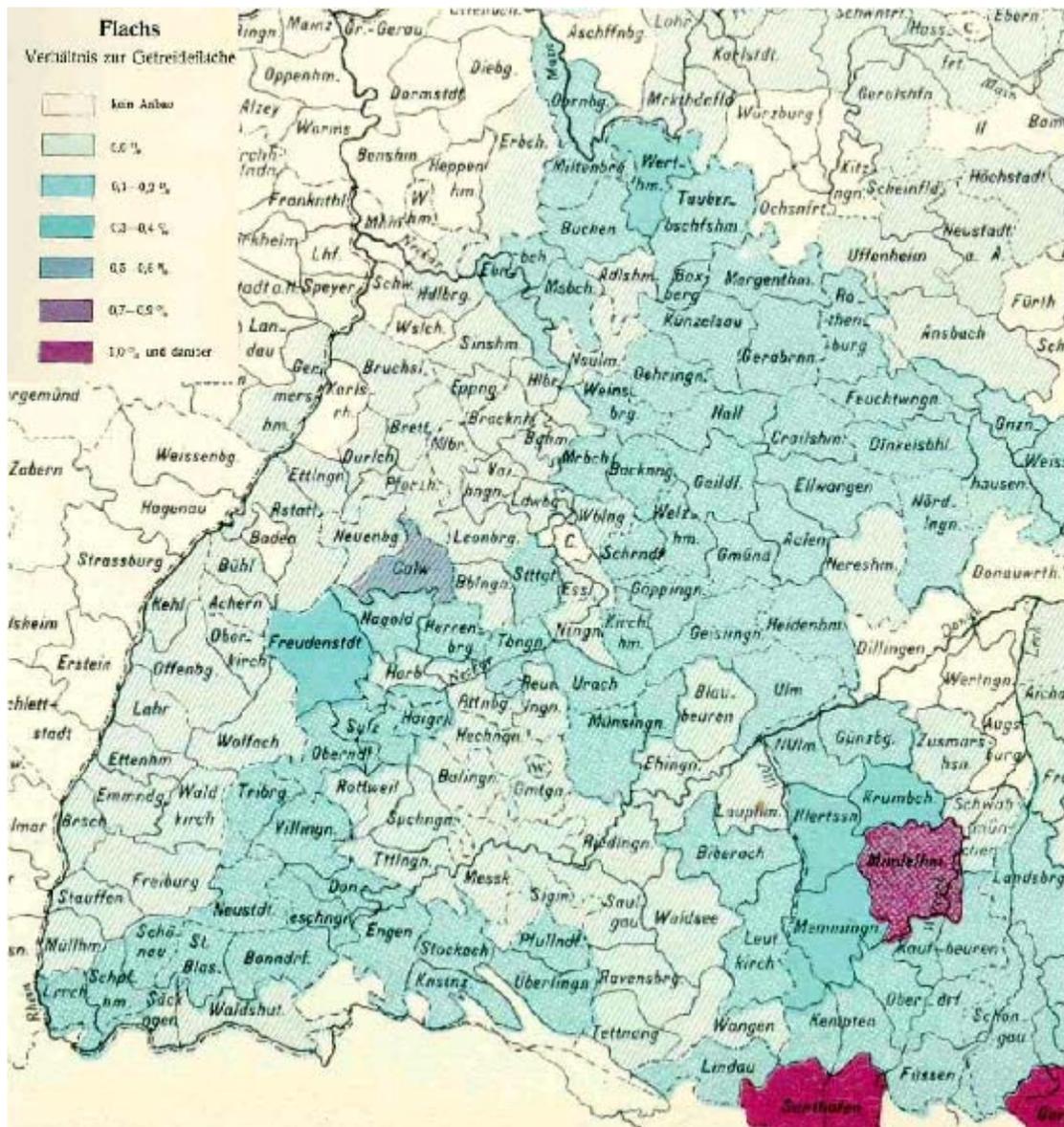


Abbildung L1: Anbau von Flachs in Baden-Württemberg im Jahre 1925. Wie die Grafik zeigt, war er fast überall noch vertreten, sein Anbauumfang blieb aber stets unter 1 % der Getreidefläche; Angaben nach Engelbrecht (1928).

Der traditionelle Anbau in Baden-Württemberg lässt keinen Bezug zu den gegenüber Weizen geringeren Bodenansprüchen erkennen, denn er trat relativ häufig gerade auch in typischen Weizenanbaugebieten der damaligen Zeit auf, so dass der Anbau wohl weitgehend durch die Verarbeitung, Nähe zu Verarbeitern (Schwingen) und Weiterverarbeitern geprägt wurde (Engelbrecht 1928). Historisch gesehen sind der Odenwald, das Gebiet um Schwäbisch Hall, Alb und Oberschwaben Flachsangebiete in B.-W. gewesen.

Die neu gegründeten Anbauvereine zur Modernisierung und Förderung einer Flachsqualitätsproduktion konnten Flachs von sehr guter Qualität produzieren und erhielten auch erhebliche Unterstützung durch das Land (z. B. kostenlose Bereitstellung von Spezialmaschinen). Trotz der Fördermaßnahmen existieren mittlerweile aufgrund der Konkurrenzsituation nur noch geringste Flächen (Alb/Albuch, Oberschwaben).

Erfahrungen mit den Programmen zur Wiederbelebung des Flachsbaus führten Ende der 90er Jahre zu dem Ergebnis, dass eine Qualitätsproduktion gut möglich ist, dass die industriellen Anwendungen gute Marktpotenziale aufweisen und dass eine erfolgreiche Förderung von der regionalen Etablierung ganzer Prozessketten abhängt, mit denen Marktsegmente für Faseranwendungen mit hoher Wertschöpfung belegt werden könnten. Nur einem auf solchen Initiativen gegründeten Vertragsanbau wird in B.-W. eine reale Chance eingeräumt (Anonym, MLR, 1998). Die Realisierung solcher Pläne scheiterte bisher aber an den dazu nötigen hohen Anfangsinvestitionen, die z.B. für eine moderne Anlage für Dampfaufschluss mit einer Mindestkapazität in der Größenordnung von 150 bis 200 Tonnen Fasern 2,5 bis 3,5 Mio. Euro betragen würden (Bechteler pers. Mitteilung; Tubach 2001).

1942 betrug die Anbaufläche in Baden 1.209 ha und in Württemberg 3.139 ha. Nach 1956 wurde die Anbaustatistik bis in die achtziger Jahre hinein ausgesetzt. Der aktuell in Baden-Württemberg nur auf kleinen Flächen im Öko-Anbau produzierte Flachs (12 ha 1997) geht in die Langfaserlinie (Firma Ökolin). Verarbeitungsanlagen existieren nicht in Baden-Württemberg, weshalb der Flachs in Bayern oder Tschechien aufgearbeitet wird.

Um Aktivitäten im Bereich Flachs besser mit den Bundesländern Bayern und Sachsen koordinieren zu können, wurde in den 90er Jahren ein Flachsbeirat gegründet, der sich regelmäßig zu Sitzungen trifft.

Anbau

Boden und Lage : Witterungseinflüsse und Boden sind bei Faserlein meist bestimmender für den Ertrag und die Qualität als Sortenwahl und Kultivierungsvarianten, weshalb die Standortwahl einen großen Einfluss auf den Anbauerfolg hat (Vetter und Miek 2000).

Flachs stellt keine besonderen Bodenansprüche. Wichtig ist eine gute Wasserführung. Sehr schwere Böden erwiesen sich als eher ungeeignet. Flachs gedeiht am besten auf sandig-lehmigen oder lehmigen, nicht verschlammenden Standorten mit leicht saurer bis neutraler Bodenreaktion. Steinige Böden, Moorböden und Böden mit hoher N-Nachlieferung, die leicht zum Lagern des Lein führen, sind problematisch.

Mittlere Höhen- oder Vorgebirgslagen um 500 m eignen sich gut für den Flachsbanu. Die Standorte sollten eine gute Niederschlagsverteilung ohne lange Trockenperioden in den Sommermonaten aufweisen. Ertragsentscheidend sind zuverlässige Niederschläge von ca. 100-120 mm in der Hauptwachstumszeit Mai/Juni (Vetter und Miek 2000).

Erforderliche Wärmesumme: 1.600-1.800 °C

Schattenlagen an Waldrändern sind zu meiden; auf ausreichend Vordruschfläche ist wegen dem Wendebereich der Erntemaschine zu achten.

Fruchtfolgegestaltung und allgemeine Anbauhinweise: Flachs ist nicht mit sich selbst verträglich. Aus phytosanitären Gründen sollten Anbaupausen von 6-7 Jahren eingehalten werden.

Gute Vorfrüchte sind alle Getreidearten und Silomais. Ungeeignet sind alle Leguminosen, Wiesenumbruch und Vorfrüchte, die Durchwuchs verursachen (z.B. Sonnenblumen, Raps) sowie Vorfrüchte, die Gefügestörungen im Boden hinterlassen. Kommen Herbizide gegen zweikeimblättrige Unkräuter zum Einsatz (gegen Gräser gibt es momentan kein zugelassenes

Mittel), ist besonders auf Flächen mit wenig Unkrautgräsern und geeignete Fruchtfolgen zu achten.

Sortenwahl: Je nach angestrebter Verarbeitungsrichtlinie sollte gemäß dem Grundsatz verfahren werden, dass zur Senkung von Verfahrenskosten eine möglichst maßgeschneiderte Ware vom Feld in die Verarbeitung geliefert wird.

Bei den Faserleinen, die hier eingehender abgehandelt werden, existieren Sortenempfehlungen für die Verwendungslinien Langfaser, verspinnbare Kurzfaser und für Fasern zur Dämmstoff- und Geotextilherstellung.

Die Sorten Ariane, Elektra, Hermes, Marylin, Liflax und die Mischung von Viola und Laura eignen sich nach sächsischen Untersuchungen (Anonymus 2000) sowohl für die Langfasererzeugung als auch für die Dämmstoffproduktion, während die Sorten Viking, Argos, Elise und Opaline nur für Kurzfaser und Dämmstoffe in Frage kommen. Ölleinsorten können auch zur Dämmstoffproduktion herangezogen werden. In der Praxis wird die Sortenfrage meist zwischen Anbauer und Verarbeiter abgestimmt.

Grundsätzlich sollte nur gebeiztes und zertifiziertes Saatgut vom Sortiment der EU-Sortenliste zum Einsatz kommen.

Bodenbearbeitung: Die Bodenbearbeitung sollte schon im Herbst erfolgen, so dass der Boden im Frühjahr abgesetzt ist. Flachs benötigt ein feinkrümeliges, gut rückverfestigtes Saatbett. Die Saatbettbereitung sollte unter Vermeidung von Gefügestörungen bei abgetrocknetem Boden erfolgen.

Aussaat: Lein ist eine Langtagspflanze. Die Dauer der Entwicklung bis zur Blüte und die damit verbundene Tendenz zu geringerer Verzweigung und längerer Wuchshöhe und -dauer lassen sich durch möglichst frühe Saat im Kurztag beeinflussen. Die Saat kann mit einer Getreide-Drillmaschine erfolgen. Auf grobkrümeligen und steinreichen Böden sollte die Saat angewalzt werden. Beizung des Saatgutes mit Thiram (als Puder und Trockenbeize im Handel) ist als Vorbeugemaßnahme gegen Auflaufkrankheiten zu empfehlen (2 g/kg Saat bei TMTD 98 % Satec oder 4 g/kg Aatiram).

Der Saattermin sollte möglichst früh ab Mitte März bis Anfang April liegen. Die minimale Keimtemperatur liegt bei 2-3 °C. Während der Jugendentwicklung verträgt Flachs Nachtfröste von minus 3 ° bis minus 5 °C.

Saatmenge: Bei Flachs sind für die Langfaserlinie hohe Bestandesdichten anzustreben, um möglichst viele, unverzweigte, schlanke und faserreiche Stängel zu erhalten. Dazu ist in etwa eine Saatstärke von 1.800 bis 2.000 keimfähigen Körnern pro m² erforderlich. Dabei ist zu beachten, dass wegen der glatten Samen bei einer Abdreprobe weniger Samen ausgeworfen werden als bei der Fahrt über das Feld. Bei der Kurzfasererzeugung mit Industriefasertypen wie „Liflax“, die auf Samen- und Faserertrag gezüchtet sind (Scheer-Triebel et al. 2000), kann die Saatlage auf 1.600 keimfähige Körner/m² reduziert werden, wodurch eine verbesserte Standfestigkeit und damit verbunden eine Risikominderung erzielt wird. Die Fasererträge lagen in Bonner Untersuchungen nur 10 % unter denen der Fasertypen, beim Samenertrag lagen sie 20 % darüber.

Tabelle L2: Daten zur Flachssaat.

Tausendkorngewicht	Saattiefe	Reihenabstand	Saadichte	Saatstärke
5-7 g	1 -3 cm	7-10 cm	1600 - 2000/m ²	110-140 kg/ha

Die Saatstärke errechnet sich dabei auf folgende Weise:

$$\text{kg Saatgut/ha} = \frac{\text{erwünschte Keimpflanzenzahl} \times \text{TKG(g)} \times (120-140 \text{ kg/ha})}{\text{erwarteter Feldaufgang in \%}}$$

Beikrautregulierung und Pflege: Da Flachs nicht konkurrenzstark ist, muss die Unkrautbekämpfung schon mit der Wahl unkrautarmer Flächen beginnen. Besonders kritisch ist das Auftreten von Unkraut und hier vor allem von Ungräsern bei textilen Produktlinien, da viele Unkräuter ebenfalls Fasern produzieren, die später als Beimischungen durch unterschiedliche Färbe- und Verarbeitungseigenschaften unangenehm auffallen. Schon schwacher Ungrasbesatz kann das Flachsstroh deshalb für textile Anwendungen wertlos machen. Bei Verbundstoffen und bei der Dämmstoffproduktion nehmen die qualitätsmindernden Risiken einer Verunkrautung ab und damit auch die erforderliche Intensität der Kontrollmaßnahmen.

Als Herbizid ist bei Öllein das Mittel Concert zugelassen, bei Faserlein sind die Mittel Extoll (250 g/l Bentazol und 100 g/l Bromoxynil) und Callisto (100 g/l Mesotrione) zugelassen. Sie wirken gegen zweikeimblättrige Pflanzen.

Eine mechanische Bekämpfung ist bei schwacher Verunkrautung und bei trockenem Boden mit einem Hackstriegel möglich, wobei die Saatstärke zur Sicherheit etwas erhöht werden sollte.

Für das Bilanzierungsverfahren (Kapitel 7.3) wurde die Anwendung von Beizmittel (0,26 kg/ha) und die Herbizidanwendung von Callisto (1,5 l/ha in 300 l/ha) angenommen.

Düngung: In viehhaltenden Betrieben mit regulärer organischer Düngung sollte zu Flachs völlig auf N-Düngungsmaßnahmen verzichtet werden. Organische Düngung zur Stoppel der Vorfrucht ist zu vermeiden. Hohe N-Versorgung führt leicht zu Lager und damit zu Ertrags- und Qualitätsverlusten. N_{min}-Bestimmungen vor der Saat werden empfohlen. Als Sollwert können 100 kg N/ha gelten. Bei 100 kg sollen max. 20 kg N/ha zur Saat gegeben werden, darüber kein Stickstoff. Gaben über 50 kg/ha werden nur bedingt und im Splittingverfahren empfohlen. Liegen keine Untersuchungsergebnisse zur Stickstoffversorgung vor, so sind N-Gaben von 20-50 kg/ha empfohlen. Bei der Grunddüngung kann bei Versorgungsstufe C der Ackerböden auf eine Düngung verzichtet werden und die Entzüge können im Rahmen der Fruchtfolge ersetzt werden. Bei der Düngungsbemessung kann dabei von den in der folgenden Tabelle wiedergegebenen Werten ausgegangen werden.

Tabelle L3: Nährstoffentzüge pro dt Ertrag für die Gesamtpflanze, das Stroh und die Samen von Faserlein (nach verschiedenen Autoren).

TLL (1998) Gesamtpflanze		Heylandt (1996) Stroh		Heylandt (1996) Samen	
N	-	N	0,68 kg	N	1,5 kg
P ₂ O ₅	1,1 kg	P ₂ O ₅	0,53 kg	P ₂ O ₅	1,6 kg
K ₂ O	1,5 kg	K ₂ O	3,8 kg	K ₂ O	1,1 kg
Mg O	0,36 kg	-	-	-	-

Bei angenommenen Erträgen von 70 dt/ha Stroh entspricht das nach TLL (1998) einem Entzug von 77 kg P₂O₅, 105 kg K₂O und 23 kg MgO.

Kalium in Chloridform sollte bereits im Herbst ausgebracht werden; im Frühjahr ist die Sulfatform zu wählen. Der Zink- und Borbedarf muss zur Qualitätssicherung gedeckt sein. Auf Mangelstandorten reicht eine Gabe von 4 kg ZnSO₄ bzw. 1-2 kg Bor (8-15 kg Borax) aus.

Ernte und Röste

Flachs wird im **traditionellen Verfahren**, das bei Langfasernutzung für textile Zwecke angewandt wird, mit Spezialmaschinen (Riemen-Rauf-Prinzip) mit der Wurzel aus dem Boden gezogen und in Parallellage am Boden abgelegt. Dieser Vorgang nennt sich Raufe und sollte nur bei sicherem Wetter stattfinden. Die Raufmaschinen legen die ausgerissenen Pflanzen quer zur Fahrtrichtung im Schwad ab.

Der optimale Raufezeitpunkt ist beim traditionellen Verfahren mit Feldröste dann erreicht, wenn von unten her 50-70 % der Blätter vom Stängel abgefallen sind. Der Stängel soll an der Basis gelb, im oberen Teil hellgrün sein und die Samen sollten eine hellgelbe Farbe angenommen haben. Bei der Langfaserlinie sollte eher später (ca. 70 % gefallene Blätter), bei Dämmstoffproduktion kann früher gerauft oder gemäht werden (50 % abgefallen Blätter).

Die im Schwad abgelegten Pflanzen verbleiben beim traditionellen Verfahren mit der sogenannten Tauröste, je nach Witterungsverlauf 3-6 Wochen auf dem Feld. Bei der Langfaserlinie wird in dieser Zeit nach 3-4 trockenen Tagen und einer Kornfeuchte von 9 % aus dem Schwad gedroschen. Alle 10 Tage, aber wenigstens zwei bis dreimal, wird mit Spezial-Wendemaschinen (durchgängige Parallellage der Stängel) gewendet. Während dieser Zeit haben Mikroorganismen (v.a. Pilze) die Möglichkeit, die Kittsubstanz zwischen den Bastfasern und der Rinde bzw. den Holzteilchen zu lösen. Lassen sich bei einer Handprobe die Holzteilchen leicht von den Fasern trennen, so wird der trockene Schwad zu Ballen gepresst und eingelagert.

Auch bei der Röste werden je nach Produktlinie unterschiedliche Röstgrade als optimal angesehen. Nach der bei Flachs verwendeten Claas-Röstskala, die von 0 ungeröstet bis 10 Überröste (Schwärzung) reicht, sollte Langfaser mit Grad 8-9 gepresst werden, während Kurzfasern für Verbundstoffe bei Röstgrad 7 und Fasern für Dämmstoff- und Geotextilien schon bei Grad 5 ohne Nachteile zu ernten sind.

Der Wassergehalt bei der Ernte darf 15 % nicht überschreiten. Liegen die Feuchtwerte darüber, muss belüftet werden. Diese Anforderungen sind im Spätsommer/Herbst insbesondere bei Langfaser für textile Nutzung nicht immer leicht zu erfüllen und haben in

der Vergangenheit dazu geführt hat, dass es in manchen Anbaugebieten alle 4 bis 5 Jahre zu starken Qualitätseinbußen oder sogar zu Totalverlusten bei der Ernte kam.

In Schwinganlagen werden die Ballen aufgelöst und verschwungen (Trennung von Fasern und Holzteilchen).

Scheer-Triebl et al. (2000a) fanden bei umfangreichen Untersuchungen zum Einfluss des Erntetermins, dass die Faserqualität vom Erntetermin in der Weise beeinflusst wird, dass der Trockenmasseanteil bis zur Kapselreife auf 50 % ansteigt, die Wasserdampfaufnahme der Fasern aber kontinuierlich sinkt. Auch nehmen Zellgröße, Lignifizierung und Zellwanddicke mit der Reife zu. Die Zugfestigkeit bei Faserlein litt nur zur Vollreife der Kapseln in geringem Umfang. Da keine eindeutige Verschlechterung der Faserqualitäten bis zur Kapselreife nachweisbar war, kamen die Autoren zu dem Schluss, dass die kombinierte Faser/Korn-Ernte zur Kapselreife mit Nutzung der braunen Samen ohne signifikanten Qualitätsverlust möglich ist. Umwelt und Sorteneinflüsse haben meist stärkeren Einfluss auf die Qualität.

Bei dem in Bonn entwickelten Verfahren wird ein Spezialgerät eingesetzt, das den Lein schon beim Raufen entkapselt und gebrochen im Schwad ablegt, von wo er dann in einem weiteren Arbeitsgang gebrochen und teilentholt, nach wesentlich verkürzter Trocknungszeit in Quaderballen gepresst werden kann. Auf die Schäbennutzung wird bei diesem Verfahren weitgehend verzichtet (was heute wirtschaftlich gesehen kaum noch machbar ist). Die Röste erfolgt gleichmäßiger, schneller und die Risiken werden geringer. Bei dem Verfahren zum Zeitpunkt der Kapselreife geerntet.

Ernteverfahren mit Standröste In Schleswig-Holstein wurde zur Verminderung witterungsbedingter Risiken bei der Feldröste ein neues Verfahren mit den Abschnitten Abflammen, Standröste, Raufpressen entwickelt (Heinemann 1997). Dabei werden die Flachspflanzen mittels eines 12 m breiten speziellen Abflammgeräts im unteren Stängelbereich versengt und dadurch zum Absterben gebracht. Die Qualität des danach stehend gerösteten Materials war besser als bei traditioneller Röste, das Witterungsrisiko und die Kosten konnten deutlich vermindert werden. Die technischen Probleme, insbesondere im Hinblick auf ein gleichmäßiges und vollständiges Abtöten der Leinpflanzen scheinen aber noch nicht befriedigend gelöst zu sein, so dass die weiteren Erfahrungen mit diesem innovativen, auf Risikominderung abzielenden Verfahren abgewartet werden müssen.

Mäh-Schwad-Technik bei Kurzfaserlinie: Wie jüngere Untersuchungen z. B. in Sachsen und Bayern gezeigt haben, ist das aufwendige traditionelle Flachsernteverfahren mit Raufen nur bei der Langfaserlinie notwendig (Kosten um 470 €/ha). Bei verspinnbaren Kurzfasern und Verbundwerkstoffen kann das sogenannte Voigtsdorfer Verfahren angewandt werden, bei Dämmstoffen kann die noch kostengünstigere Mäh/Schwad-Technik mit dreifach höheren und damit risikomindernden Flächenleistungen und geringeren Kosten (um 285 €/ha) angewandt werden! Bei diesem vereinfachten Ernteverfahren kann auf Spezialmaschinen weitgehend verzichtet werden, was bei oft unsicherer Markt- und Geschäftslage in diesem Produktionsbereich durchaus wichtig ist. Bei dem Verfahren bleibt allerdings 10-20 % Faser mit der Stoppel zurück und es werden aus der Wirrlage Fasern minderer Qualität erzeugt, die aber z. B. für die Dämmstoffproduktion durchaus gut geeignet sind.

Bei dem geschilderten Verfahren wird der Flachs zum verwendungsspezifischen Reifezeitpunkt mit einem 2-Trommelmäherwerk bei erhöhter Zapfwellen-Drehzahl gemäht. Nach dem Austrocknen der Stängel wird, wie bereits beschrieben der Flachs gedroschen,

wobei sich ein pick-up-Vorsatz vor dem Dreschkorb empfiehlt (Dreschkorb eng, Trommeldrehzahl niedrig, Rapssiebe, wenig Wind, kein Häcksler). Probleme treten dann auf, wenn nach dem Mähen Regen fällt. Nach dem Drusch wird der Flachs alle 8-10 Tage und wenigstens zwei- bis dreimal mit einem Kreiselheuwender gewendet und danach mit einem Kreiselschwader auf Schwad gelegt. Falls gewünscht kann er danach mit einem Feldhäcksler ohne Gegenschneide oder Spezialmaschinen gebrochen werden, wobei der Großteil der Holzteile (Schäben) von der Faser getrennt wird (nur bei Verzicht auf die Schäbennutzung und den damit einhergehenden Einbußen). Danach erfolgt das Pressen des erneut geschwadeten und unbedingt trockenen Flachsstrohs zu Quaderballen.

Sollen die Schäben genutzt werden, so wird das Röststroh direkt nach dem Schwaden gepresst (angenommen für die in dieser Studie angestellten Berechnungen).

Durch eine Variante mit der Kombination von Raufen/Entsamen und anschließendem Kreiselwenden lassen sich bei Bedarf auch für industrielle Anwendungen mit reduziertem Aufwand bessere technische Qualitäten erzielen.

Grünflachs wird erntereif gerauft und ohne Röste weiterverarbeitet.

Erträge:

In Sachsen als dem Hauptanbauggebiet werden im Mittel etwa 60 dt/ha Flachsrostroherträge und ca. 20 dt/ha Fasererträge erzielt. In Thüringen rechnet man mit 55-75 dt/ha Röstflachertrag bei 14,5 % Langfaser- und 10 % Kurzfasergehalt.

Höhe und Güte des Ertrages hängen bei Faserlein stark vom Witterungsverlauf ab und sind nur begrenzt von der Düngung zu beeinflussen.

Krankheiten:

- Keimlingskrankheiten: Misch- und Einzelninfektion von *Botrytis cinerea* (grauer Pilzüberzug, Keimpflanze vertrocknet)
- *Phoma linicola* (Keimpflanzen verschwärzen)
- *Colletotrichum lini* (rotbraune Flecken an Keimblättern, nekrotische am Wurzelhals)
- *Fusarium* (Vergilben und Absterben der Pflanze)
- Flachswelke (*Fusarium oxysporum* f. *lini*); Vergilben der Blätter mit schwarzen Punkten; braunrote Verfärbung befallener Pflanzen
- Flachsbrand (*Pythium* sp) Wachstumsstillstand bei 10 cm Wuchshöhe, Vergilben der Blätter
- Weitere Krankheiten mit geringerer Bedeutung: Rost, Mehltau, Stängeldürre und Stängelbräune

Schädlinge:

- Erdfloh (*Longitarsus parvulus*): kleiner schwarzer Käfer; fällt durch Lochfraß auf; wird gefährlich, wenn er Vegetationspunkt frisst.
- Thrips (*Thrips angusticeps* und *Thrips lini*): befällt Triebspitze, die bei Befall verkrümmt und verstaucht erscheint.

Bekämpfung mit Karate WG 150 g/ha.

Qualitätsaspekte:

Eine Herausforderung für Anbau und Aufbereitung stellt die Lieferung von homogenen Faserpartien „nach Maß“ für den Verarbeiter und die im Textilbereich meist auf Baumwolle abgestimmten Spinnmaschinen dar. Durch entsprechende Vorbehandlung mit mechanischem Öffnen und Reinigen lassen sich nach Azarschab (1998) Garne mit hohen Wertschöpfungspotenzialen erzeugen. Sie stellen eine der Bedingungen für mehr Wettbewerbsfähigkeit der Naturfasern in technisch anspruchsvollen Produktanwendungen dar (z.B. Filter, Membrane, Spezialvliese, Feingarne). Die folgende Tabelle gibt einen Überblick zu wichtigen Qualitätsmerkmalen, wie sie in einem Datenblatt zur Qualität von Flachfasern in Zukunft enthalten sein könnten.

Tabelle L4: Qualitätsparameter und Zertifizierungsmöglichkeiten bei Flachs

Quelle: Tubach und Kessler (1995), IAF Reutlingen.

Felddaten Stroh	Wirrlage nach Entholzung	Schwungflachs	Anwender nach Priorität
Schlagkartei	Restholzanteil	Restholzanteil	Faserlänge
Pflanzenabmaße	Verknotungen	Feinheit	Faserfeinheit
Reife (Farbe)	Nissen	Länge	Bündelstruktur
Feuchte	Feinheit	Festigkeit	Festigkeit
Entholzbarkeit	Faserlänge	Begleitsubstanzen	Restholzanteil
Fasergehalt	Festigkeit	Farbe, Glanz	Störpartikel
Kapselanteil	Farbe, Glanz	Schädigung	Begleitsubstanzen
Homogenität	Schädigung	Homogenität	Oberflächenstruktur
Handling (Wicklung)	Feuchtigkeit	Feuchtigkeit	Faserbiegesteifigkeit
			Schlingenfestigkeit
			Faser-Faserhaftung
			Anfangsfeuchte

Ökologie des Faserleinanbaus

Aufgrund der geringen Aufwendungen für Düngung und Pflanzenschutz, der Fruchtfolgegestaltung, der unterdurchschnittlichen Gefährdungen in den Bereichen Bodenerosion und Gewässerbelastung ist der Leinanbau unter ökologischen Gesichtspunkten als vorteilhafte Kultur zu betrachten. Gleiches gilt hinsichtlich des Landschaftsbildes und des Artenschutzes (Kapitel 7.3 und 7.4 im Hauptdokument).

Die Wiedereinführung eines nennenswerten Anbauumfanges würde nicht nur das Artenspektrum auf heimischen Feldern bereichern, sondern böte auch für Leitarten in B.-W. und die potenzielle Wiederbesiedlung einzelner Standorte mit ausgestorbenen Feldkräutern eine Chance.

Die Verwendung von Flachs im Dämmstoff- und Baubereich ist aus der Sicht der Verarbeitung als anwenderfreundlich zu bezeichnen, da mit dem Umgang keine Gesundheitsrisiken verbunden sind. Besonders hervorzuheben ist die CO₂-Neutralität und Rezyklierbarkeit der Baustoffe, wodurch umweltbelastende Abfälle vermieden werden. Dies führte in der ökobilanziellen Bewertung (Kapitel 7.3) bei einem Lebenswegvergleich gegenüber Steinwolle als Dämmstoff zu deutlichen Vorteilen beim Energieverbrauch, beim Treibhauspotenzial und bezüglich Dieselpartikeln. Nachteile ergaben sich trotz geringer

Düngung bei der Kategorie Ozonabbau, wenn sein Anbau gegenüber einer Referenzfruchtfolge mit Weidelgras-Stilllegung bilanziert wurde.

Verwendung und Märkte:

Auf der Basis von Flachs lässt sich eine große Palette von Produkten herstellen. Tabelle L4 zeigt eine Zusammenstellung möglicher Anwendungsgebiete und eine Einstufung nach Kategorien für Marktreife und Wertschöpfungspotenzial. Langfristig sind in Baden-Württemberg Produkte mit hohem Wertschöpfungspotenzial anzustreben, kurzfristig sind die Märkte aber besser entwickelt bei Anwendungen mit hohem Volumen und mit geringerer Wertschöpfung.

Tabelle L5: Marktreife und Wertschöpfungspotenziale einiger Flachsprodukte (verändert nach Tubach und Kessler 1995).

<i>Marktreife</i>			
Anwendungsgebiete	hoch	mittel	niedrig
<i>Textile Anwendung</i>	Teppiche Seile, Stricke Schnüre, Säcke Grobgarne, Gurte	Feingarne Mischgarne Mischgewebe Heimtextilien	Feinstgarne Feinste Mischgarne Feinste Mischgewebe
<i>Technische Anwendung</i>	Obstschalen Pflanztöpfe	Vliesstoffe	Spezialvliese
	Dämmstoffe Agrartextilien	Autoformteile	Filtermaterialien
	Tapeten, Papier	Hitzeschutz	Membrane
	Möbelfüllungen	Reibbeläge	High-Tech- Werkstoffe
	Verpackungen	Verbundwerkstoffe	
	Spanplatten		
	Betonarmierung		
	gering	mittel	hoch
<i>Wertschöpfung</i>			

Nach Ansicht der Holstein Flachs GmbH (Quelle: www.flachs.de) können sich Flachsprodukte aber nur dann erfolgreich am Markt durchsetzen, wenn sie klare Produktvorteile gegenüber Alternativprodukten aufweisen. Im textilen Sektor stellt der Reinleinenbereich mit seiner typischen Anmutung eine vergleichsweise sichere Bastion dar. Ähnlich positiv wird der Bereich Schäbenverwertung beurteilt. Aufgrund der typischen Materialeigenschaften von Flachsschäben (hohe Feuchtigkeitsaufnahme bei unveränderter mechanischer Stabilität und Struktur) haben die Schäben gegenüber Holz- und Strohprodukten klare Vorteile. Dämmstoffe aus Flachs sind aufgrund ihrer Faserfestigkeit und -feinheit sowie Beständigkeit gegen Ungeziefer anderen Fasern überlegen. Für Automobil-Formpressteile oder Reibbeläge werden andere Fasern wie beispielsweise Sisal oder Jute preiswert und in großen Mengen auf dem Markt angeboten.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick zu Leinprodukten, zur Marktsituation auf verschiedenen Handelsstufen sowie den aktuellen und voraussichtlichen Marktperspektiven.

Tabelle L6: Marktsituation von Leinprodukten (Quelle: www.flachs.de).

	Produktionsstufe	Handelsstufe	Marktsituation	Perspektive
Langfaser	Rohstoff	Zwischenhandel	0	+
		Weiterverarbeiter	0	+
Werg	Rohstoff	Zwischenhandel	+	+
		Weiterverarbeiter	+	+
Stapelfaser	Vorprodukt	Weiterverarbeiter	+	+
Leinsamen	Rohstoff (Öl)	Weiterverarbeiter	-	-
	Vor-/Endprodukt (LM)	Handel	+	+
	Endprodukt (Saat)	Endverbraucher	+	0
Schäben	Rohstoff (Torfersatz)	Weiterverarbeiter	+	+
	Endprodukt (Einstreu)	Endverbraucher	++	++
Ökoflachs	Vorprodukt (Garn)	Weiterverarbeiter	+	++
	Vorprodukt (Stoff)	Weiterverarbeiter	+	++
	Endprodukt (Kleidung)	Handel	+	++
Isolationsmaterial	Endprodukt	Handel	+	++
Isolationsmaterial	Endprodukt	Handel	+	++

Langfristig halten Vertreter der flachsverarbeitenden Industrie bei Abschätzung aller Marktpotenziale eine Flachsanaubafläche von etwa 350.000 ha für denkbar. Dies entspräche etwa 3 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Um die prospektierten Marktanteile zu realisieren und ihre Wirtschaftlichkeit zu beweisen, wäre es allerdings notwendig, dass Produktion, Verwendung und Entsorgung aller Güter gesellschaftsweit im Rahmen einer ökologischen Vollkostenrechnung betrachtet würden. Eine solche Vollkostenrechnung müsste sowohl die Produktionsweise (CO₂-Relevanz, Belastung von Luft, Grund- und Abwasser sowie Boden) als auch die Benutzung (Anwendergefährdung, Pflegeaufwand, Nutzungsdauer) und schließlich die Entsorgung (Deponieraum, Kompostierbarkeit, Wiederverwertbarkeit) der Produkte betrachten, die aus Flachs produziert werden können oder in Konkurrenz zu ihm stehen (im Rahmen des vorliegenden Projektes ist dies beispielhaft und mit positiven Ergebnissen für den Flachs bezüglich der Verwendung als Dämmstoff geschehen).

Modellrechnungen ergaben die folgenden Marktpotenziale (Annahmen 3 % Marktdurchdringung mit Flachsprodukten):

Textilien: 48.000 t oder 40.000 ha/Jahr (bei 3 % des mittleren Textilverbrauchs von 20 kg pro Kopf und Jahr in Deutschland).

Dämmstoffe: 25.200 t oder 16.000 ha/Jahr bei Annahme eines 3 %-igen Anteils am Dämmstoffverbrauch von ca. 28 Mio. m³ (Gewicht von 30 kg/m³ angenommen).

Bei Annahme eines Marktanteils von 15 % in den beiden Segmenten ergäben sich die folgenden Zahlen:

Textilien: 240.000 t oder 200.000 ha/Jahr

Dämmstoffe: 250.000 t oder 160.000 ha/Jahr.

Flachsfaser wird - je nach Qualitätsanforderungen - in einer Langfaserlinie zu hochwertigen Textilien wie Hemden, Bettzeug oder Möbelstoffen verarbeitet, wobei gleichzeitig minderwertige Faser (Werg) übrig bleibt, die als Kurzfasern zu Mischtextilien, Teppichen, Tapeten etc. verarbeitet wird.

Von zunehmender Bedeutung und in Deutschland marktbestimmend ist der Industriefaserlein, bei dem Kurzfasern oder eine Gesamtfaserlinie verarbeitet wird, bei der nicht mehr zwischen Lang- und Kurzfasern unterschieden wird und bei der die Fasern auf 10-15 cm Länge eingekürzt werden. (FNR 2000).

Großen Einfluss auf die Qualität und die weiteren Verarbeitungsmöglichkeiten der Fasern hat das *Aufschlussverfahren*. Man unterscheidet zwischen mechanischen, physikalischen und chemischen Faseraufschlussverfahren, die je nach dem Anforderungsprofil des Anwenders zu Fasern oder Faserbündeln mit differenzierten Oberflächencharakteristika und Weiterverarbeitungsmöglichkeiten führen (Tubach und Kessler 1995). Sie stellen oftmals die Voraussetzung für die Erschließung bestimmter Anwendungsbereiche dar. In der industriellen Verwendung für Verbundstoffprodukte (z. B. faserverstärkte Bootskörper) wird häufig mit Dampfaufschluss gearbeitet, oder es wird eine Verspinnbarkeit durch mechanische „Cottonisierung“ herbeigeführt.

Gute Markt- und Wachstumschancen für Faserlein existieren gemäß einer FNR Studie (FNR 2000) im technischen Bereich bei der Verbundstoffproduktion, in der ihr Einsatz die Glas- und Mineralfasern ersetzen kann und bei gleicher Festigkeit der Bauteile zu Gewichtsreduzierungen um 30 % führt.

Noch günstiger werden die Wachstumschancen im Bereich der Dämmstoffe für das Bauwesen gesehen. Flachsdämmstoffe können dabei als Platten und Matten mit hoher Elastizität eingesetzt werden. Sie besitzen mit Werten von 0,040 W/mK hervorragende Isoliereigenschaften, die mit Spitzenwerten konventioneller Dämmstoffe durchaus mithalten können.

Flachsdämmstoff kann ohne weiteres Steinwolle oder Glaswolle ersetzen, die zu großen Abfallproblemen führen oder wegen potenzieller Gesundheitsrisiken bei der Handhabung nicht unumstritten sind (FNR 2000).

Die Technik zur Herstellung und Verarbeitung dieser Dämmstoffe ist ausgereift und es existieren schon zahlreiche Anbieter am Markt, von denen hier nur einige beispielhaft aufgeführt sind.

Tabelle L6: Übersicht zu Herstellern und Produkten von Dämmstoffen aus Flachs.

<i>Firma</i>	<i>Produktname</i>	<i>Produkt</i>
Flachshaus GmbH	Flachsfaserdämmplatten	Wärme- und Schalldämmung für Wände, Dach und Decken
Dt. Heraklit AG	Heraflax	Dämmplatten, Dämmmatten
emfa Baustoffe GmbH	Emfa Dämmsysteme	Dämmplatten, Dämmstreifen
Pferdsfeld Agritherm Dämmstoffe	Dämmplatte PF1000	Dämmplatten
Steiner GmbH	ISO-Flachs-Dämmstoffe	Dämmmatten und -filze, Trittschalldämmung

Quelle: Deimling et al. (2002).

Vor allem unter den Gesichtspunkten der Ressourcenschonung, des Wohnklimas und der Abfallproblematik sind Dämmstoffe aus Flachs als ökologisch attraktiv einzustufen. Gründe für die nur zögerliche Einführung am Markt sind neben einem erhöhten Preis gegenüber

konventionellen Stoffen auch Informationsdefizite im Handel, bei Planern und bei Bauherren (Deimling und Vetter 2001). Die potenziellen Zuwächse in diesem Marktsegment sind hoch, die Zuwachsraten werden von den genannten Autoren wegen der noch signifikant höheren Preise und der anderen Hemmnisse für die nächsten Jahre jedoch eher zurückhaltend beurteilt. Dies liegt auch daran, dass die Kosten der Entsorgung umweltbelastender Dämmstoffe in die Kostenkalkulation bei Investitionen in diesem Bereich nicht berücksichtigt werden.

Die bei der Fasergewinnung als *Kuppelprodukt* anfallenden **Schäben** (Scheben) oder Holzteile aus dem zentralen Stängelteil der Pflanzen sind für die Erreichung der Rentabilität von zunehmender wirtschaftlicher Bedeutung. Sie können als Pferdeeinstreu, Mulchmaterial für Gärtnereien/Landschaftsbau und in Blumensubstraten genutzt werden oder auch zu innovativen Produkten mit höherer Wertschöpfung weiterverarbeitet werden. Bei der Nutzung als Einstreu für Pferde (Artikel BBZ Nr. 42, Okt. 2000), werden die Flachsschäben in einem speziellen Aufbereitungsverfahren staubfrei gemacht. Das bitterstoffhaltige Material wird von Pferden in der Regel nicht gefressen und ist sehr saugfähig (bis zum vierfachen des Gewichtes). Die Schäbeneinstreu mindert den Arbeitsaufwand beim Misten, da die Pferdeäpfel nur abgelesen werden müssen und die Box nur einmal in 10-12 Wochen entleert wird. Dabei entsteht ein schnell sich umsetzender Mist mit guten Rotte- und Düngeeigenschaften. Die Preise für die Pferdeeinstreu liegen pro Sack (abgepackt/gepresst) bei 5,5-7,5 €/20 kg (260–375 €/t). Für den Pferdehalter liegen die Kosten des Einstreuverfahrens bei 75 € pro Box und Monat (ohne Mistentsorgung bzw. Mistverkauf; bei Verwendung von 4 Ballen bei Beginn, dann ½-1 Ballen/Woche).

Kuppelprodukte mit höherer Wertschöpfung sind Isolier-, Boden- oder Leichtbauplatten. Prototypen dieser umweltfreundlichen Baustoffe existieren bereits und können in Zukunft im Hausbau und in der Möbelindustrie eingesetzt werden. Hock und Agrosys sind zwei Firmen, die sich mit solchen Produkten beschäftigen. Auch die Firma TreuHanf, welche die Mehrheit an der BaFa (Malsch) übernommen hat, plant die Einführung einer entsprechenden Produktion auf der Basis von Hanfschäben (Stand 2001).

Flachswachs wird in der Kosmetik- und Pharmaindustrie eingesetzt.

Gesetzliche Rahmenbedingungen für die Produktion

Für den Anbau von Flachs auf Basisflächen wird in Ergänzung zu den Flächenbeihilfen, die weit unter den früher gewährten Flachsbeihilfen liegen, eine Verarbeitungsbeihilfe gewährt. Sie fließt über den bezugsberechtigten Erstverarbeiter indirekt in den Strohpreis ein und soll die Flachsproduktion von der Verarbeitung her stimulieren.

Die Höhe der Beihilfe richtet sich nach der Faserqualität und -menge.
Im Anbaujahr 2001/2 wurden bei Langfaser 100 €/t gewährt.
Von 2002/3 bis 2005/6 werden es 160 €/t sein und ab 2006/7 200 €/t.

Für kurze Flachsfasern beträgt die Beihilfe wie bei Hanf 90 €/t, wobei bis 2003/4 noch bis zu 15 % Unreinheiten bei Flachs und 25 % bei Hanf zugelassen sind. Danach liegt die Grenze bei nur noch 7,5 % (Verordnung (EG) Nr. 245/2001 vom 05. Feb. 2001).

Nach dem Merkblatt zur Verwendungskontrolle für nachwachsende Rohstoffe der BLE (Jun. 2000) darf Faserlein, wenn er als nachwachsender Rohstoff auf Stilllegungsflächen angebaut wird, nicht für Textilizwecke genutzt werden. Da die Prämien sich aber ohnehin den

allgemeinen Flächenprämien annähern, ist dies auch langfristig nur noch dann wirklich relevant, wenn es um den Nachweis von stillgelegten Flächen geht und andere Alternativen zur Erreichung der Stilllegungsquote nicht in Frage kommen.

Konkurrierende Faserpflanzen

Im textilen Bereich sind eindeutig die Baumwolle und die Chemiefasern diejenigen Konkurrenten, die Faserlein aus dem Anbau verdrängt haben. Seit dem 18. Jahrhundert fanden im Bereich der Baumwollspinnerei enorme Produktivitätsfortschritte statt, die im Verein mit der höheren Homogenität der Baumwolle und später auch der Chemiefasern, die Flachsfasern in kleine Nischenmärkte verdrängten (Tubach und Kessler 1995).

Im Bereich der Geotextilien, bei denen es meist auf ein möglichst langsames Verrotten ankommt, sind Kokosfasermatten wegen ihrer größeren Persistenz meist im Vorteil.

Sonstige Verwendungsmöglichkeiten im Industrie- und Lebensmittelbereich

Insbesondere bei industrieller Verwertung der Fachfaser sind aufgrund von Rentabilitätsüberlegungen zunehmend die von Scheer-Triebel et al. (2000) beschriebenen Ernteverfahren zur Doppelnutzung von Fasern und Leinsamen interessant.

Nach jüngeren Untersuchungen dieser Autoren kommt es zu keiner signifikanten Verschlechterung der Faserqualität bis zur Kapselreife, so dass diese abgewartet werden kann. Steht bei einer Nutzung dagegen die Reißfestigkeit als bestimmendes Kriterium im Vordergrund, so wäre grünentholztem Flachs der Vorzug zu geben (Göbel 1994 zit. ebenda). Die Samen enthalten 38-45 % Öl, das reich an Linol- und Linolensäure ist. Es findet als trocknendes Öl Verwendung bei der Herstellung von Lacken, Farben, Linoleum und Speiseöl. Die Pressrückstände finden als Viehfutter Verwendung. Ein Großteil der Leinsamen wird auch für Nahrungs- und Heilzwecke verwendet.

Ausgewählte Literaturquellen zu Lein

AGRA-EUROPE (2001). Jeder zweite Hektar Flachs in Sachsen. AGRA-EUROPE 35/01: 24-25.

AZARSCHAB, M. (1998). Einfluss neuer Verfahren bei mechanischem Faseraufschluss von Flachs auf die Fasereigenschaften und die Weiterverarbeitung. Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf. Abschlussbericht. MLR Förderkennzeichen: 22-8214.07

CMA (o.J.) Dämmstoffe aus der heimischen Natur. Centrale Marketing-Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft mbH, Bonn, 49 S.

DEIMLING UND VETTER (2001). Nachhaltiger Konsum am Bau? Das Beispiel der nachwachsenden Rohstoffe. Beitrag zur Fachkonferenz „Nachhaltiger Konsum im Spannungsfeld zwischen Modellprojekt und Verallgemeinerbarkeit“. Stuttgart, 29.-30. November 2001. (Tagungsband in Vorbereitung).

FISCHER, A. (1995). Anbauhinweise Flachs. Unveröffentlichte technische Anleitung, LBA, München, 9 S.

- FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe [HRSG.] 2000). Studie zur Markt- und Preissituation bei Naturfasern (Deutschland und EU). - 107 S. Reihe Gölzower Fachgespräche, FNR, Gölzow.
- PRAETZ, W. (o.J.). Nachwachsende Rohstoffe-Industrieplanzen-Anbau von Faserlein. Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz. Reihe: Seminarbeiträge zum Unterricht.
- SCHEER-TRIEBEL, M. UND J. LÉON (2000). Industriefaser - Qualitätsbeschreibung und pflanzenbauliche Beeinflussungsmöglichkeiten bei Faserpflanzen: ein Literaturreview. - Pflanzenbauwissenschaften 4 (2): 26-41.
- SCHEER-TRIEBEL, K.-U. HEYLAND UND J. LÉON (2000A). Einfluss des Erntetermins auf Morphologie, Ertrag und Qualität verschiedener Leingenotypen. Pflanzenbauwissenschaften 4 (2): 91-102.
- TUBACH, M. UND R.W. KESSLER (1995). Neue Aufschlussverfahren - Ein Schlüssel für innovative Anwendungen für Flachs. Vortragsmanuskript 1. Hunsrücker Leintage, 2.-3. August 1995, Emmelshausen. 12 S.
- WIRTSCHAFTSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1999). Dämmstoffe im Hochbau. Informationen für Bauherren, Architekten und Ingenieure. Stuttgart, 40 S.

Flachsseiten:

www.inaro.de

www.flachs.de

(Syngenta, 2001) http://www.syngenta.de/crop/ku/spezial/ku_arz fla.htm.

Einige Adressen von Verbänden, Interessenvertretern und Verarbeitern:

Deutscher Flachsverband e.V.
 Wilhelm Preez
 Rhein-Mosel-Straße 9
 D-56281 Emmelshausen
 Tel: 06747/901102
 Fax: 06747901100

Verarbeiter
 Holstein Flachs (Schwinge)
 Alte Ziegelei
 23795 Mielsdorf
 Tel. 04451/2042
 Fax: 04551/6990

CELC (Confederation Europeene du Lin et du Chanvre)
 Boulevard Malesherbes
 F-75008 Paris
 Tel. +33 442 665 005
 Fax +33 442 666 365

Ökolin (Öko-Flachs Textilien)
 Kernerstraße 32
 D - 70182 Stuttgart
 Telefon: 0(049) 711 240435

FH - Reutlingen (Flachsforschung)
 M. Tubach und R.W. Kessler
 Institut für angewandte Forschung
 Alteburgstr. 150
 D-72762 Reutlingen

Förderangaben:

Das Vorhaben wurde im Rahmen des Förderprojektes "Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung" (BW-PLUS) am Forschungszentrum Karlsruhe mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert. (Zuwendungsnummer: BWA 20002)

CHINASCHILF/MISCANTHUS

Name und Botanik

<p>Miscanthus x giganteus (Greff et Deu) Miscanthus sinensis (Thunberg)</p> <p>Familie: Poaceae (Süßgräser) Subfamilie: Antropoideoae (Bartgrasgewächse) Gattung: Miscanthus</p>	 <p>Quelle: IfuL Müllheim</p>
--	---

Biologie und Herkunft

Als Zierpflanze ist Chinaschilf, das in den Gärten wegen des silbrig glänzenden Blütenstandes zum Teil auch als Silbergras bekannt ist, seit der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts in Europa nachgewiesen. Das aus Korea, Japan und China stammende, an subtropische Klimate angepasste Gras war zunächst durch die Art *M. sinensis* in Europa vertreten. Erst 1935 gelangte von Japan über Dänemark die mittlerweile am weitesten verbreitete und sehr wüchsige Art *Miscanthus x giganteus* (Greff et Deu) nach Mitteleuropa. Diese heute am meisten angebaute und produktivste Chinaschilfart ist vermutlich ein spontan entstandener Hybrid aus *Miscanthus sinensis* und *Miscanthus sacchariflorus*. Der triploide Hybrid, der in warmen Jahren auch in unseren Breiten zur Blüte kommt, aber keine fertilen Samen ausbilden kann, ist seit 1989 Gegenstand der Forschung in Baden-Württemberg (LAP 1994a).

Zum Anbau kommt bei uns fast ausschließlich der Hybrid *Miscanthus x giganteus*, der die höchsten Erträge liefert. Die unter günstigen Voraussetzungen weniger leistungsfähige Art *Miscanthus sinensis* mit dünneren Stängeln wird fast nur im Versuchswesen angebaut. *Miscanthus sacchariflorus* spielt in der Zucht wegen der besseren Resistenz gegen Auswinterung eine gewisse Rolle, kommt aber ebenfalls nicht großflächig zum Anbau.

Wuchsform und Aussehen

Miscanthus x giganteus ist ein ausdauerndes Gras, das sogenannte Rhizome ausbildet. Die über fingerdicken Rhizome (unterirdische Wurzelsprosse mit zahlreichen Knospen zum Neuaustrieb) dienen der Nährstoffspeicherung und –rückverlagerung im Winter und stellen Dauerorgane der Pflanze dar. Die Wurzeln können bis zu 2,5 m tief sein. Die Wuchshöhe kann bis über 4 m erreichen.

Die faserreichen Stängel, die relativ wenig Mark ausbilden, wachsen etwa ab 10-12 °C zügig heran und sind mit zweizeilig angeordneten, großen Blättern bestückt, die nach der Abreife bis zur Ernte im Frühjahr trotz der stängelumfassenden Blattspreiten weitestgehend abfallen.

Wenn das Gras zum Blühen kommt, bildet es zweiblütige Ährchen aus, die in einer großen Rispe angeordnet sind. Durch die Behaarung am Ährengrund bekommen die Rispen ein silberglänzendes Aussehen, welches ihnen neben dem üppigen Wuchs wohl den Eingang in die Gärten verschaffte. *M. sinensis* bildet weniger dicke Stängel aus als *M. x giganteus*.

Physiologische Eigenschaften

Miscanthus ist wie Mais und Hirse eine C₄-Pflanze mit einem Stoffwechsel, der bei guten Licht- und Temperaturverhältnissen zu höchsten Erträgen führt, weil das für die Bildung von Zucker, Stärke und Zellulose benötigte Kohlendioxid auch bei hoher Stoffwechselaktivität noch sehr effizient aufgenommen und verarbeitet werden kann. Da dieser Vorteil der sogenannten C₄-Pflanzen besonders bei hoher Sonneneinstrahlung und relativ hohen Temperaturen zum Tragen kommt, sind warme, sonnige Gebiete besonders geeignet, um hohe Biomasseerträge bei Miscanthus zu erzielen.

Die hohe Effizienz bei der Photosynthese führt im Verein mit anderen Pflanzeigenschaften zu einer sehr guten Wasserverwertung in Bezug auf die Biomasseproduktion. Deshalb kann Miscanthus schon mit 250 bis 300 l Wasser 1 kg Trockenmasse bilden, während die Gräserarten der gemäßigten Breiten dazu etwa die zwei- bis dreifache Menge an Wasser benötigen. Nach Abschluss der Vegetationsperiode werden bei Miscanthus die meisten Nährstoffe wieder aus den Blättern und Stängeln in Rhizomsprosse zurückverlagert, um für den Austrieb im nächsten Jahr wieder zur Verfügung zu stehen. Dieses Verhalten führt dazu, dass bei einer Nutzung der dann abgestorbenen oberirdischen Pflanzenteile nur noch sehr wenige Nährstoffe in der Erntemasse verbleiben und mit dem Erntegut abgeführt werden. Die verbleibende Biomasse besteht quasi aus zu Zellulose (75-81 %) verwandelter Sonnenenergie mit „Verunreinigungen“ durch die restlichen Nährstoffe und Silikate. Miscanthus ist damit auch ein äußerst effizienter Nährstoffverwerter und ein idealer „Wandler“ von Sonnenenergie ohne unerwünschte Nebenwirkungen (Pflanzenschutz, Nährstoffexporte, Düngungsaufwand etc.).

Miscanthus in Baden-Württemberg

Die mit Miscanthus bestellten Stilllegungsflächen in Baden-Württemberg summierten sich 1999 auf 79,7 ha und im Jahr 2000 auf 70,4 ha mit einem eindeutigen Anbauschwerpunkt im Rheintal (Ortenau) und einigen größeren Flächen am Bodensee.

Anbau von Miscanthus

Fruchtfolge: Chinaschilf ist eine Dauerkultur, die 10-20 Jahre lang auf einem Feld stehen kann. Das Gras reagiert im Jahr der Pflanzung, in dem es nur langsam und zögerlich den Boden zu bedecken beginnt, empfindlich auf aggressive Beikräuter, denen viel Licht und Raum bleibt, um sich zu entwickeln. Vorkulturen, die einen hohen Unkrautbesatz und insbesondere Ungräser hinterlassen, sind deshalb nicht als Vorfrucht geeignet. Auf unkrautarmen Feldern kann Miscanthus dagegen auch mit mechanischen Bekämpfungsmaßnahmen etabliert werden. Hohe N-Hinterlassenschaften sind ebenfalls ungünstig, da frisch gepflanzte Rhizome diese Vorräte weit weniger nutzen können als die in ihrer Konkurrenz dadurch gestärkten Unkräuter (günstig ist die Stellung nach Hackfrucht

gefolgt von Getreide mit Zwischenfrucht und dann Miscanthus). Nach dem Anbau von Miscanthus ist Klee gras eine sehr gute Nachfrucht (Lewandowsky 2001, mündl. Mitt.).

Standortwahl: Miscanthus kann trotz höchster Biomasseleistungen als anspruchslose Kultur gelten und hat allenfalls bezüglich der Kaliumversorgung einen den sonstigen Kulturen vergleichbaren Anspruch (s.u.). Da die Pflanze unterirdische Sprosse (Rhizome) ausbildet, benötigt sie für optimales Gedeihen einen Boden, der einen guten Gasaustausch ermöglicht. Schwere lehmige Böden und zu vorübergehender Staunässe neigende Böden sind nicht geeignet.

Als C4-Pflanze ist Miscanthus in der Lage, bei hohen Temperaturen und guten Lichtverhältnissen höchste Biomasseerträge bis über 30 t Trockenmasse pro Hektar zu liefern. Unter solchen Bedingungen werden die Erträge meist durch das verfügbare Wasser begrenzt. Nach Untersuchungen der Landesanstalt für Pflanzenbau in Forchheim (LAP 1994a) benötigt die Kultur etwa 25 mm Niederschlag oder 25 l/m² Wasser für die Produktion einer Tonne Trockenmasse. Unter ansonsten günstigen Wachstums Voraussetzungen sind für 20 Tonnen also mindestens 500 mm Niederschlag (für 30 t 750 mm) nötig. Standorte unter 700 m Höhe mit guten Sommerniederschlägen (Mai–September) und/oder gutem Wasserspeichervermögen (Tiefgründigkeit) bieten die Voraussetzung für höchste Erträge.

Lagen über 700 m NN und Gebiete mit weniger als 8,5 °C Jahresmittel sind nicht geeignet. Auch auf sandigen und flachgründigen Böden gedeiht Miscanthus. Ohne Bewässerung werden aber weit geringere Erträge erzielt. Beim Anbau in Gebieten mit strengen Wintern kommt es vor allem im ersten Jahr leicht zu hohen und kostspieligen Auswinterungsverlusten. Dies ist insbesondere bei Vermehrung über Jungpflanzen der Fall, die häufig noch „grün“ in den Winter gehen. Bei rhizomvermehrten Pflanzen tritt die Vegetationsruhe früher ein und die Pflanzen gehen mit mehr Reserven in den Winter, wodurch Auswinterungsverluste deutlich verringert werden (Mayr 2001).

Vermehrung und Ansaat: *Miscanthus x giganteus* bildet als triploider Hybrid keine fertilen Samen aus und lässt sich nur vegetativ vermehren. Bei *M. sinensis* dagegen ist es schon gelungen, auch unter mitteleuropäischen Verhältnissen fertile Samen zu produzieren. Die Vermehrung von Miscanthus kann über Meristemkulturen oder **Gewebekulturen** erfolgen, wenn wenig Ausgangsmaterial eines Klons vorhanden ist, das rasch in großem Umfang vermehrt werden soll. Das Verfahren, das allgemein auch angewandt wird, um virenfrees Pflanzgut bei vegetativ vermehrten Pflanzen zu erzeugen, ist jedoch sehr aufwendig und teuer. Schon früh begann deshalb auch bei Miscanthus die Suche nach alternativen Verfahren, um die Kosten der Bestandesetablierung zu senken.

Nach jüngeren Untersuchungen lassen sich mit den **Verfahren der Rhizomvermehrung** erhebliche Kosten einsparen. Im Laufe der letzten Jahre wurden hierzu mehrere Verfahrensvarianten mit Bewurzelung in Gewächshäusern vor dem Pflanzen und mit direkter Ansaat entwickelt (LAP 1994, SCHWARZ et al. 1998, Bundesamt für Agrarbiologie Österreich, Linz o.J., MAYR 2001). Beim aktuell kostengünstigsten Verfahren werden die Rhizomstücke in einem idealerweise ca. vierjährigen Miscanthusbestand mit einem Zinkenrotor in 1-2 Überfahrten mit 8-10 cm Arbeitstiefe herausgearbeitet. Dabei werden die Rhizomstücke (besser als bei Anwendung der Fräse) mechanisch schon auf Saatgröße zerteilt. Nach anschließender Auslese der zur Saat geeigneten Rhizomstücke (etwa fingergroße Stücke mit wenigstens einem intakten Auge) werden sie mit einer halbautomatischen Kartoffel-

legemaschine mit einer Saatstärke von 11.000–12.000 Rhizomstücken/ha (Etablierung von 100 Pfl./ha) 5-8 cm tief gepflanzt.

Bei drohender Trockenheit kann durch ein nachfolgendes Walzen die Anwuchsrate verbessert werden. Von ca. 600-700 m² können mit dieser Methode 11– 12.000 Saatrhizome für einen Hektar zu einem Stückpreis von etwa 0,10 € erzeugt werden. Bei Pflanzgutkosten von ca. 1.000 €/ha nähern sich die Saatgutkosten über die Jahre gerechnet dem anderer Kulturpflanzen an, wodurch ein bedeutendes Anbauhemmnis beseitigt werden konnte. Noch Anfang der 90er Jahre war in Modellrechnungen von ca. 5.000 €/ha Pflanzgutkosten ausgegangen worden. Nach Beobachtungen in Bayern (KUHN UND JODL 2001) kommen rhizomvermehrte Neupflanzen besser über den Winter als Pflänzchen aus Gewebekulturen, die noch stärker vegetativ gestimmt sind. Das Pflanzgut sollte am besten unmittelbar vor oder zum Beginn des Neuaustriebes geerntet werden und muss danach vor Austrocknung geschützt werden

Die **Bodenbearbeitung** sollte mit dem Pflug bis auf 20 cm Tiefe erfolgen. Sie soll auf die Schaffung einer lockeren Auflage abzielen, die nicht verschlämmt und leicht durchwurzelbar ist. Bei zeitiger Pflugfurche kann zur Vorbeugung gegen Verunkrautung ein- bis zweimal die Egge folgen, ehe das Pflanzbeet mit der Saatbettkombination für den Einsatz der Kartoffellegemaschine vorbereitet wird.

Der beste Pflanztermin ist nach dem Ende der Nachtfrostgefahr. Zu frühes Pflanzen sollte vermieden werden, da Miscanthus erst ab 12 °C merklich wächst und die Rhizome im nasskalten Boden nur an Vitalität verlieren oder die Periode der Unkrautbekämpfung unnötig verlängert wird. Zu spätes Pflanzen muss aber auch vermieden werden, da sonst nicht genügend Reservestoffe gebildet und eingelagert werden, um gut die Winterzeit überstehen zu können. Die **Pflanzdichte** sollte bei ca. 10.000 Pflanzen/ha liegen, die Reihenweiten je nach vorhandenen Unkrauthackgeräten bei 1-1,5 m.

Bei der **Bestandespflege** gilt es zu beachten, dass Miscanthus am Anfang sehr empfindlich auf Konkurrenz, insbesondere von perennierenden Unkrautarten wie Ampfer, Distel und Quecke reagiert. Theoretisch könnten etwa die gleichen Herbizide wie bei Mais Anwendung finden, es sind aber nach der seit 2001 geltenden Indikationsregelung in Deutschland keine Herbizide für Miscanthus zugelassen. Um trotzdem sicherzustellen, dass sich Miscanthus erfolgreich entwickeln kann, muss deshalb im ersten Jahr und zu Beginn des zweiten Vegetationszyklus der mechanischen **Unkrautbekämpfung** große Beachtung geschenkt werden.

Nach dem Auspflanzen kann der Striegel zum Einsatz kommen, danach die mehrreihigen Hackmaschinen, wie sie bei Mais verwendet werden (mindestens zwei Durchgänge im ersten Jahr und ein Arbeitgang im zweiten Jahr). Ab Mitte des zweiten Anbaujahres, wenn die Bestände schließen, kann mit Ausnahme einzelner Stellen auf eine Unkrautbekämpfung verzichtet werden. Dichte Beschattung und intensive Mulchbildung (Abfallen der Blätter im Winter) halten in lückenfreien Beständen das Unkraut „in Schach“.

Bekämpfungswürdige Krankheiten und Schädlinge sind auch aus älteren Beständen nicht bekannt (LOEFFEL und NENTWIG 1997). Die Kultur kann auch im konventionell wirtschaftenden Betrieb ohne Pflanzenschutzmaßnahmen angebaut werden.

Tabelle M1: Nährstoffgehalte von *Miscanthus x giganteus* bei Ernte im ausgehenden Winter.

Quelle:	Gehalte in Prozent der Trockenmasse						
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	S	SiO ₂
Lewandowsky und Kaule (2001)	0,35	0,26	0,7 -	0,3 -			
Bundesanstalt für Agrarbiologie, Linz	0,39	0,29	0,99	0,1	0,26	0,07	
LAP (1994)	a) 0,23	0,13	0,5	0,07	0,12 -		0,9
	b) 0,27	0,28	0,93	0,16	0,49 -		0,8
	c) 0,42	0,26	0,22	0,22	0,33 -		0,8
Mittelwert	0,33	0,24	0,67	0,14	0,3	0,07	0,8

Die **Düngung** zu *Miscanthus* kann sehr sparsam erfolgen. Wie aus Tabelle M1 zu entnehmen ist, werden nach der Rückverlagerung der meisten Nährstoffe im Herbst, der Auswaschung durch Niederschläge und durch den Blattfall nur noch geringe Nährstoffmengen mit dem Erntegut vom Feld gefahren. Legt man die Werte in Tabelle M1 zugrunde, so sind das für 20 t Trockenmasse im Frühjahr, wie sie nur auf besten Standorten erreicht werden, 66 kg N, 134 kg K₂O, 48 kg P₂O₅, 18 kg MgO und 14 kg S.

Im ersten Jahr erfolgt noch keine Ernte. Nur auf armen Standorten ist deshalb überhaupt eine Anfangsdüngung sinnvoll (KUHNS und JODL 1998). Sie kann auf mittleren Standorten bei Stickstoff bis zum dritten, auf guten Standorten bis ins sechste Jahr unterbleiben (PUDE UND FRANKEN 1999). Für die Zeit danach sind nach Abzug der Bodenvorräte und der eventuellen Anreicherung von Einträgen aus der Luft oft 20 bis 70 kg N/ha*a ausreichend. MAYR (2001) hält Startgaben von bis zu maximal 100 kg/ha zur Bestandesetablierung auf nährstoffarmen Standorten für vertretbar. Er verweist aber auch auf die möglichen Folgen der Förderung von Verunkrautung hin, weshalb es im ersten Jahr oft besser sein kann, keine N- Düngung zu verabreichen. Für die anderen Nährstoffe kann nach Entzug gedüngt werden. Aufgrund des beschriebenen Abfalls der Blätter und der Rückverlagerung der Nährstoffe in die Rhizome ist *Miscanthus* eine Pflanze mit sehr hoher Nährstoffeffizienz. Nach Lewandowsky und Kauter (2001) beträgt der Anteil der Nährstoffe, der im Mulch zurückbleibt, bei N zwischen 21-46 %, bei P 36-50 %, bei K 14-30 % und bei Mg ca. 27 %. Kalium wird außerdem über den Winter auch noch aus den Stängeln ausgewaschen. Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass es unter *Miscanthus* nicht zu Nitratverlagerungen ins Grundwasser kommt. Allerdings ist in adulten Beständen wegen des hohen Wasserbedarfs eine Grundwasserspeisung kaum zu erwarten und nur bei hohen Niederschlagsüberschüssen im Winter möglich.

Bei Anbauversuchen in Österreich wurden getrennt für Stängel und frisch abgefallene Blätter die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Mineralstoffgehalte ermittelt. (Bundesamt für Agrarbiologie Österreich o.J.). Sie verdeutlichen, dass die zur Verbrennung attraktiven, weil aschearmen und für die stoffliche Nutzung interessanten, faserreichen Stängel mit Ausnahme des Kaliums geringere Nährstoffgehalte aufweisen als die Blätter.

Tabelle M2: Übersicht über die Mineralstoffgehalte in *Miscanthus*, getrennt nach Blättern und Stängel (Herbst/Winter 1996/97) an zwei Standorten; Gehalte in % der Trockensubstanz (BUNDESANSTALT FÜR AGRARBIOLOGIE ÖSTERREICH o.J.).

		N	CaO	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S	Cl
St. Florian	Blatt	0,56	1,3	0,36	0,52	0,24	0,14	0,20
	Stängel	0,27	0,18	0,34	0,74	0,09	0,08	0,32
Altenberg	Blatt	0,61	1,05	0,13	0,54	0,29	0,11	0,12
	Stängel	0,51	0,11	0,25	1,25	0,11	0,08	0,28

Erntezeitpunkt: Eine relativ späte Ernte, die auch noch erfolgen kann, wenn die ersten grünen Neutriebe erscheinen, ist auch sinnvoll, weil dann das Schilfgras mit unter 20 % Feuchte problemlos zwischengelagert werden kann. Die Biomasse nimmt durch das Stehen über Winter auf dem Feld um ca. 20-25 % ab, die Qualität nimmt zu (einheitliches, nährstoffarmes Fasermaterial für stoffliche und energetische Verwertung). Der Biomassenschwund kommt dadurch zustande, dass die Blattspreiten abfallen. Da die Blattscheiden weitgehend an den Stängeln bleiben, führt dies bei der Ernte zu einer erheblichen Staubentwicklung. Die abgefallenen Blattspreiten bedecken im Frühjahr als dichter Mulch den Boden, schützen ihn vor unproduktiven Wasserverlusten, vor Erosion und verhindern Verunkrautung.

Die **Ernteverfahren** für *Miscanthus* sind nicht einheitlich und hängen auch von den zur Verfügung stehenden Maschinen, den Transport- und Lagerkapazitäten ab:

a) beim zweiphasigen Ernteverfahren wird *Miscanthus* mit einem Maishäcksler und einem Kemper-Vorsatz (250 PS/3m), bei dem aufwändig alle Messer ausgebaut sind, geerntet. Die *Miscanthus*stängel werden dabei auf ca. 20 cm Länge geschnitten und anschließend aus dem Schwad von einer Ballenpresse zu Großballen gepresst.

b) Effizienter ist die Ernte mit einem selbstfahrenden Feldhäcksler (z.B. Claas Jaguar 354 PS mit 4,5 m Arbeitsbreite). Mit einem solchen Hochleistungshäcksler lassen sich *Miscanthus*bestände mit ca. 18 t Trockenmasse/ha in einer Stunde abernten. Das Durchsatzvermögen beträgt, je nach Zustand und Feuchte des Bestandes 15-36 t pro Stunde. Es entsteht ein einheitliches Häckselgut, dessen Schnittlänge je nach Bedarf des Weiterverarbeiters verschieden lang eingestellt werden kann.

Die Erträge liegen für *Miscanthus x giganteus* Hybriden bei 2-4 tTM/ha im ersten Jahr (keine Ernte), 5-10 t im zweiten Jahr und 20-25 t ab dem dritten Jahr (Kuhn und Jodl 2000, Mayr 2001). Für die überwintungsresistenten *M. sinensis* Sorten liegen die Erträge auf guten Ackerstandorten etwa um 5 t niedriger (10-19 t/ha*a). Auf Grenzertragsstandorten, auf denen *M. x giganteus* sein Ertragspotenzial nicht entfalten kann, gleichen sich die Erträge an (7,5 gegenüber 5,5 t/ha*a (Tabelle M3)). Das verfügbare Wasser (Niederschläge und Bodenreserven) wirken hier ertragslimitierend. Mit Bewässerung sind Erträge bis 30 t TM pro ha möglich. Auch bei Versuchen in Bonn (PUDE und FRANKEN 1999) und bei der LAP (1994) erreichte *Miscanthus* im dritten bis vierten Jahr nach der Pflanzung das volle Ertragsniveau und kann dieses nach gegenwärtigem Stand der Kenntnisse auf mittleren Ackerstandorten während 10–15 Jahren auch gut halten.

Tabelle M3: Trockenmasse-Erträge von zwei Miscanthus-Arten auf einem tiefgründigen Ackerstandort und auf einem flachgründigen Grenzstandort für Raps/Getreide im 3.-4. Standjahr (KUHN und JODL 2000).

Miscanthus Art	TONNEN TROCKENMASSE pro ha	
	Standort tiefgründig (Bodenzahl 68)	Standort flachgründig (Bodenzahl 35)
Miscanthus x giganteus	15-24 t/ha	5-10 t/ha
Miscanthus sinensis	10-19 t/ha	5-6 t/ha

Nach durchgeführten Modellrechnungen ist die Wirtschaftlichkeit des Anbaus von Miscanthus von Erzeugerseite bei gegebener Abnahmesicherheit durch einen Weiterverarbeiter durchaus im Bereich des Möglichen. Bei Annahme von 65,4 €/t Häckselgut (ohne Lagerung) ergeben sich bei Verwendung neuester Technik und unter Berücksichtigung einer Stilllegungsprämie von 333 €/ha Deckungsbeiträge von 1.080 €/ha.

Als Mindestpreis für die Bereitstellung von Miscanthus (ohne Lagerung) wurden bei Vermehrung mit dem Verfahren Zinkenrotor ca. 40 €/t ermittelt. Bei Annahme doppelter Lagerkosten gegenüber Hanf müsste der Preis für den Erzeuger damit bei mindestens 80 €/t liegen. Er ist damit nicht weit von den Preisen entfernt, die aktuell vereinzelt durch Erzeuger ab Lager erzielt werden (bis ca. 110 €/t); und dies bei hohen Vermarktungs- und Absatzrisiken.

Für die **Bestandesauflösung** empfiehlt MAYR (2001) den Einsatz eines Schwergrubbers nach der letzten Ernte mit mindestens 125 PS (92 KW), mit dem ein Großteil der fest im Boden sitzenden Rhizomstücke an die Oberfläche befördert werden kann. Diese können dann abgelesen werden oder mit einer Fräse weiter zerkleinert werden, damit sie schneller austrocknen oder austreiben. Um dies zu erreichen, wird diese Arbeit idealerweise im Mai verrichtet. Der neue Aufwuchs kann dann mit guter Kontrollwirkung bei ca. 30–40 cm Wuchshöhe mit einem Totalherbizid (z. B. Glyphosat) behandelt werden. Restdurchwuchs ist mit Punktbehandlungen zu einem späteren Zeitpunkt zu kontrollieren. PUDE und FRANKEN (zit. in www.inaro.org) konnten durch mehrmaliges Grubberfräsen auch gute Ergebnisse erzielen, während häufiges Mähen alleine zu einer unbefriedigenden Kontrolle des Aufwuchses führte. Als Folgekultur empfiehlt sich bei Überleitung zum Ackerbau die Ansaat von Klee gras (Levandowsky 2001, mündl. Mitt.).

Ökologie

Mit dem Anbau von Miscanthus sind aus ökologischer Sicht einige **Vorteile** verbunden. Bezüglich des Klimaschutzes sind auch bei der stofflichen Verwertung positive Effekte gegeben (siehe Kapitel 7.3). Deutlicher kommt dieser Aspekt allerdings bei der energetischen Verwertung mit jährlichem „Konsum“, der gesamten Biomasse zum Tragen. Nach Mc CATHY und MOONEY (1994) lässt sich mit Miscanthus ein CO₂-Einspareffekt von 19-22 t CO₂ pro ha und Jahr erzielen. Bei Entlohnung durch den in Zukunft absehbaren Verkauf von CO₂-Zertifikaten würde dies bei einem Preis von 3,5 € pro t CO₂ (Stand 2000) eine zusätzliche Einnahme von ca. 70 € pro Hektar ergeben.

Durch die intensive Durchwurzelung und die lange Bodenruhe führt der mehrjährige Miscanthusanbau auch zu einem Anstieg des Bodenumusgehaltes. Auf vorherigen

Grünlandflächen in Österreich war dieser Effekt aber gering (LIEBHARD 2001, mündl. Mitt.). Verlässliche Untersuchungen zum Thema Miscanthusflächen als „CO₂ sink“ („carbon sequestration“) fehlen noch. Positiv kann auch gewertet werden, dass Miscanthus den Bodenstickstoff effizient bis zum Vegetationsende nutzt bzw. in die Rhizome rückverlagert. Nitratausträge in das Grundwasser gibt es deshalb nicht (STAUFFER und SPIESS 2001). Allerdings ist bei normalem Wachstumsverlauf wegen des restlosen Verbrauchs des Bodenwassers auch nicht mit einer nennenswerten Grundwasserspeisung unter Miscanthus zu rechnen. Durch die ganzjährige Bodenbedeckung durch Vegetation und Mulch kommt es auch nicht zu Bodenabtrag und damit verbundenen Belastungen von Oberflächengewässern.

Stark von der jeweiligen Standortsituation abhängig sind die Wirkungen von Miscanthus, was den Artenschutz anbelangt. In Bonner Studien (PUDE 2001, mündl. Mitt.) fand man heraus, dass Miscanthus in der intensiv ackerbaulich genutzten Kölner Bucht ein beliebtes Winterquartier für Marienkäfer, Florfliege und die Zwergspitzmaus (nur *Miscanthus sinensis*) darstellt. Untersuchungen von KUHN und JODL (2000) belegen die positiven Wirkungen auf den Artenschutz in ausgeräumten Agrarlandschaften in Bayern. Die überwinterten Bestände sind bedeutend als Rückzugsgebiete für Hoch- und Niederwildbestände. Erde, Streu und Stoppeln von Miscanthus haben, verglichen mit Wintergetreide und Maisstoppeln, aber auch ein hohes Potenzial als Winterrefugium für Spinnen (insbesondere netzbauende Arten) und die Arthropodenfauna insgesamt (LOEFFEL und NENTWIG 1997). Populationen in sechsjährigen Miscanthusbeständen waren nach Erhebungen dieser Autoren gegenüber dreijährigen Beständen deutlich höher (ein Zusammenhang, den BARTHEL (1997) auch bei Ackerrandstreifen fand). Der Regenwurmbesatz war mit über 240 Tieren/m² ebenfalls relativ hoch, die Aktivität der Tiere stark feuchteabhängig.

Nachteile werden bei Miscanthus aus ökologischer Sicht in der exotischen Herkunft und dem fast völligen Fehlen von Beikräutern gesehen. Auch der fehlende Blühaspekt (Insekten, Optik), die Störung der Sichtbeziehungen in einer Agrarlandschaft und die fehlende Grundwasserspeisung können als negativ bewertet werden (siehe Kapitel 7.4).

Verwendung und Märkte

In geeigneten Verbrennungsanlagen konnte Miscanthus in Österreich ohne Verschlackung der Anlage (verursacht durch einen niederen Ascheschmelzpunkt von stark siliziumhaltigen Brennmaterialien) während acht Jahren erfolgreich zur Beheizung von Gebäuden eingesetzt werden. Der Brennwert von 2,3 kg Miscanthus-Häcksel mit 14 % Wassergehalt entspricht dabei einem Liter Heizöl „extra leicht“. Der Energiewert von 20 t TM/ha kann somit 10.224 Liter Heizöl ersetzen (MAYR 2001). Neben der energetischen Verwertung, die nach wie vor interessante Perspektiven bietet, auf die im Rahmen dieser Arbeit aber nicht näher eingegangen wird, bieten sich auch im stofflichen Bereich zahlreiche Einsatzmöglichkeiten.

So eignet sich Miscanthus bei Verwendung als Faserpflanze aufgrund der guten Qualität der Kurzfasern sehr gut als Rohstoff für die Herstellung thermoplastischer Verbundwerkstoffe im Spritzgussverfahren (Formteile, Gärtnerbedarf etc.). Versuche zum Einsatz von Miscanthusfasern in diesem Bereich verliefen äußerst erfolgreich, da die Faser gegenüber den aktuell verwendeten Holzfasern besser geeignet ist und zu weniger Verschleiß der Geräte führt (WÜNNING 2001, mündl. Mitt.). In der Vergangenheit konnten sich Produzenten und Abnehmer aber nicht auf Preise und Abnahmeverträge einigen, das technische Potenzial und ein erhebliches Marktpotenzial mit hoher Wertschöpfung sind in diesem Verwendungsbereich aber nach wie vor gegeben.

Technisch gut geeignet und auf Stilllegungsflächen zugelassen ist Miscanthus auch für die Herstellung von Einstreu für Pferde. Bei vorsichtiger Abschätzung des Marktpotenzials könnte man annehmen, dass von den etwa 85.000 Pferden in Baden- Württemberg 6 % der Boxen (5.000) mit Miscanthus eingestreut werden. Das entspräche bei einem mittleren Verbrauch von 120 kg Miscanthus-Einstreu pro Box und Monat einem Bedarf von ca. 7.000 t pro Jahr. Bei einem Ertrag von 20 t Miscanthus/ha entspräche das alleine für Pferdeeinstreu einem Marktpotenzial für 350 ha Anbaufläche. Dies entspricht dem 5-fachen der aktuell vorhandenen Flächen.

Auch der Einsatz von Miscanthus als Torfersatzstoff stellt nach Untersuchungen an der Universität Weihenstephan (SCHMUGLER 1994, unveröffentlicht, CARMEN o. J.) ein technisch und ökologisch interessantes und vom Marktvolumen her attraktives Einsatzfeld dar. Bei Zugabe der gegenüber Torf doppelten Menge an Depotdünger konnte aufgefaserter Miscanthus als Torfersatz eingesetzt werden. Mit Substratanteilen von 40–50 % konnten befriedigende Substrate mit guten, konkurrenzfähigen Eigenschaften erzeugt werden. MAYR (2001) berichtet vom sehr erfolgreichen Einsatz als Strohersatz in Erdbeeren.

Ein weiteres in jüngster Zeit stark diskutiertes Einsatzfeld ist die Verwendung von Miscanthus für die Herstellung von Leichtbeton. Durch Einsatz eines neuen, patentierten Benetzungsmittels für den Miscanthushäcksel ist es gelungen, Mischungen mit Beton herzustellen, in denen zwischen Miscanthus und dem Zement echte mineralische Bindungen entstehen. Die resultierende Mischung ist wesentlich leichter und weist bessere Isoliereigenschaften auf als herkömmlicher Beton. In Verbindung mit Holzfachbauweise lässt sich der Baustoff als Dämm- und Füllstoff verwenden. Auch als Schüttisolierung unter einem Estrich kann Miscanthus Verwendung finden. Die Firma NAWATEC hat sich in den letzten Jahren als Pionier bei der Verwendung von Miscanthus im Hausbau einen Namen gemacht. Inklusiv der Verwendung von fein gemahlenem Miscanthus in Außenputzen lassen sich durch die Verwendung des nachwachsenden Baustoffs nach PUDE (2001) Einsparungen von bis zu 10 % am Bau erzielen.

Weitere, technisch mögliche Einsatzfelder für Miscanthus ergeben sich bei der Zellstoffproduktion, der Erzeugung von Absorbierstoff für Babywindeln und bei der Verwendung zur Produktion von Bau- und Dämmplatten. Teilweise sind für diese Anwendungen aber noch erhebliche Investitionen notwendig, teilweise greifen die Hersteller wegen Preisvorteilen auf das oft günstigere Substitut Getreidestroh zurück.

Fazit

Die breite Palette der Einsatzmöglichkeiten von Miscanthus, die ökologisch zwar nicht immer, aber doch in weiten Teilen günstigen Nebeneffekte der Produktion und Verwendung von Miscanthus sprechen für eine weitere Förderung und Ausdehnung des Anbaus in Baden- Württemberg. Allerdings darf die Förderung nicht auf den Anbau beschränkt bleiben sondern muss konzeptionell die Förderung ganzer Wertschöpfungsketten zum Ziel haben. Dazu bedarf es der Vorlage von gemeinsam zwischen Produzenten, (End-)Verarbeitern und Händlern erarbeiteter Projekte, die sich am Bedarf für die Produkte orientieren. Sie sollten nach Möglichkeit auch die potenziellen Wirkungen auf die natürlichen Ressourcen und die sonstigen „Leistungen der Landwirtschaft“ aufzeigen, damit die Entscheidungsträger und die Öffentlichkeit die Konzepte nachvollziehen und mittragen können.

Weitere Argumente, die für den Beibehaltung einer Miscanthusproduktion in Baden-Württemberg sprechen, sind:

- Enorme Investitionen wurden schon getätigt (siehe auch Steinbeis Studie 1995);
- Etablierte Netzwerke zu Miscanthus auf nationaler/europäischer Ebene sind vorhanden;
- Hindernisse für die stoffliche Verwertungskette sind weitgehend bekannt;
- potenzielle Anwendungen in Baden Württemberg sind identifiziert und Hindernisse für deren Machbarkeit nach Expertenmeinung überwindbar;
- Flächen mit Miscanthus für Pilotanwendungen der Industrie sind schon im erforderlichen Maßstab vorhanden;
- als dauer- und rhizombildende Kultur mit Winterbestand verspricht Miscanthus eine funktionale Bereicherung der Agrarökosysteme mit teilweise erwünschten Eigenschaften;
- von den Standortansprüchen her ist Miscanthus für warme Gebiete in Baden-Württemberg mit guten Sommerniederschlägen geeignet.

Ansprechpartner und Adressen:

Herr Paul Wüning, Borregaard Deutschland GmbH (Ligno Tech Werk Karlsruhe),

Herr Maier, BLHV, Rheinfelden

Dr. Ralf Pude, Bonn (www.miscanthus.de)

Herr Abke, STO AG Stühlingen (www.sto.de).

Dipl.-Ing. Roland Mayr, Leonding Österreich

Zusätzliche noch nicht im allgemeinen Literaturverzeichnis aufgeführte Quellen zu Miscanthus:

BUNDESANSTALT FÜR AGRARBIOLOGIE ÖSTERREICH [Hrsg] (o.J.): Endbericht über die Projekte 3.11 "Ermittlung des Biomassepotenzials von Elefantengras" und BAB2/95. 33 S. Linz, Österreich.

C.A.R.M.E.N. (o.J.) Miscanthus ein Ersatz für Torfsubstrate? Informationsblatt Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk, Rimpar. 4 S.

KUHN, W. UND S. JODL 2000. Vom Ziergras zur Rohstoffpflanze - 10 Jahre Miscanthus-Forschung. Internet Dokument der Bayerischen Landesanstalt für Wein- und Gartenbau. In: <http://www.stmelf.bayern.de/lwg/landespflege/info/miscan.html>

LANDESANSTALT FÜR PFLANZENBAU FORCHHEIM, LAP [HRSG.] 1994a. Anbau von Chinaschilf zur stofflichen und energetischen Verwertung. Informationen für die Pflanzenproduktion. 43 S., Heft 5, 1994. Forchheim, LAP.

LOEFFEL K. UND W. NENTWIG 1997. Oekologische Beurteilung des Anbaus von Chinaschilf (*Miscanthus sinsensis*) anhand faunistischer Untersuchungen. Schriftenreihe Agrarökologie, Band 26. 133 S., Bern, Verlag Agrarökologie.

PUDE, R. [Hrsg.] 2000. Miscanthus - Vom Anbau bis zur Verwertung. Tagungsbericht vom 23.-24. Februar 2000 mit Kurzfassung der Vorträge. 118 S., Witterschlick/Bonn, Verlag M. Wehle.

PUDE, R. und H. FRANKEN 1999. Miscanthus - Erfolgreiche Verarbeitung. - Energiepflanzen III/IV 1998, 30-34.

SCHREIBER, K.-F., G. BROLL UND H.-J. BRAUKMANN (2000): Bilanz der Bracheversuche in Baden-Württemberg. Beitrag zum Seminar: Methoden der Landschaftspflege, Ringsheim, 5. Juli 2000, 22 S. Veröffentlichung der Akademie Ländlicher Raum.

SCHWARZ, K.-U., J.B. KJELDSSEN, W. MÜNZER UND R. JUNGE 1998. Low cost establishment and Winter survival of Miscanthus x giganteus. 9th Int. Conference Biomass for Energy and Industry 8-11.6.1998 Conference Proceedings, 947-950.

Internetquellen:

www.miscanthus.de

www.inaro.de

www.stmelf.bayern.de/lwg/landespflege/info/miscan.html

www.infodienst-mlr.bwl.de/la/lap/agrarroek/allgoeko/wirtschaft.htm

Förderangaben:

Das Vorhaben wurde im Rahmen des Förderprojektes "Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung" (BW-PLUS) am Forschungszentrum Karlsruhe mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert. (Zuwendungsnummer: BWA 20002)

FASERNESSEL

Name und Botanik

<p>FASERNESSEL</p> <p><i>Urtica dioica</i> L. conv. fibra</p> <p>- Ordnung: Urticales - Familie: Urticaceae (Brennesselgewächse) -</p> <p>-Gattung: Urtica</p> <p>Synonyme:</p> <p>U. mayor KANITZ U. viridis RYDB.</p>	<p>Stinging Nettle (engl.)</p> <p>Grand Ortie (frz.)</p> <p>Ortiga Grande (sp.)</p>	
---	---	--

Biologie und Herkunft

Vorkommen

Wildpflanze aus Eurasien und Nordamerika, heute weltweit, außer in den Tropen, von 30 °N in Marokko bis 70 °N anzutreffen. In Zentraleuropa wächst die Große Nessel bis in Höhen über 2.500 m über NN.

Wuchshöhe und Wuchsform

Die Pflanzenhöhe dieser ausdauernden, staudigen Pflanze schwankt standort- und herkunftsabhängig um 1,5 m bis 2,5 m. Klone mit Höhen von 0,3 m bis 3 m Höhe bei Kulturformen sind bekannt. Die Nessel bildet einen vierkantigen, krautigen, am Grund leicht verholzten Stängel, der, ebenso wie die Blätter, mehr oder weniger stark mit Brennhaaren besetzt ist. Die Brennhaare brechen bei Berührung an der Spitze schräg ab und dringen in die Haut ein, wobei der flüssige Inhalt der Brennhaare in die Haut eingespritzt wird. Der Zellsaft besteht im Wesentlichen aus einer Mischung von Histamin, Acetylcholin, Ameisensäure, Harnsäure und Natriumformiat und löst die bekannten Hautrötungen mit nachfolgendem Juckreiz aus. Der vierkantige Stängel entspringt einem kurzen, ästigen, stark verholzenden Rhizom mit fein verzweigten Feinwurzeln und einer pfahlförmigen Primärwurzel, die ab dem zweiten Jahr durch sproßbürtige Wurzeln an den Knoten der Kriechtriebe ersetzt wird. Mit der Zeit bildet sich dadurch ein flach verlaufendes, nach allen Seiten sich ausbreitendes, sehr intensives Wurzelsystem, das sich durch starke Oberbodendurchwurzelung in der Zone von 5-25 cm Bodentiefe auszeichnet. Es kann bis über einen Meter in den Boden reichen. Die Vermehrung bzw. Ausbreitung erfolgt über Samen und Rhizomausläufer.

Die Blätter der Nessel sind eiförmig-länglich bis herzförmig abgerundet; der Blattrand ist gezähnt bis gesägt. Im Phloem der Stängel befinden sich die Sklerenchymfasern, die auch als Bastfasern bezeichnet werden. Im Gegensatz zu Hanf und Flachs sind die Fasern nicht in großen Bündeln, sondern einzeln in Gruppen angeordnet und weisen Längen zwischen 40 und 75 mm auf. Sie eignen sich für textile und technische Zwecke.

Die **Blütezeit** in Mitteleuropa reicht von Ende Mai bis Oktober. In sonnigen Lagen können pro Spross 10-20.000 Samen (Nussfrucht) gebildet werden. Sie haben direkt nach der Reife keine Dormanz, können aber im Schlamm eines Baches Jahrzehnte überdauern und bei Ausbringung auf ein Feld massenhaft keimen. Die Samen sind reif, wenn sich die Rispen braun zu verfärben beginnen.

Zucht

Die Fasernessel ist eine wenig bearbeitete "Kulturpflanze" mit einem Ausgangsmaterial von hoher genetischer Variabilität. Die existierenden Zuchtformen bestehen aus geklonten Individuen der Großen Nessel. Bisher konnten wegen der hohen Heterozygotie nur über diesen Weg die wertbestimmenden Eigenschaften von Faserselektionen erhalten werden. Auch die Stängelzahl pro Pflanze hängt nach Göttinger Untersuchungen sehr stark vom Genotyp ab. Als weitere Merkmale zur Differentialdiagnose unterschiedlichen Genmaterials können nach Dreyer (1999) die Blattform, das Geschlechtsverhalten der Pflanzen, der Brennhaarbesatz auf der Blattoberseite, der Blühbeginn und die Erntereife gelten. Die Pflanzen mit männlichen und weiblichen Blüten sind meist monözisch (männliche und weibliche Blüten auf einer Pflanze), es gibt aber auch rein weibliche oder männliche Klone (diözisch) und Übergänge zwischen diesen. Häufig treten dabei Formen auf, die im oberen Stängelbereich männliche Blüten mit vier Staubgefäßen und einem verkümmerten Fruchtknoten bilden, in der Mitte zwittrige Blüten und im unteren Stängelabschnitt weibliche Blüten mit fädig zerteilter Narbe auf einem Fruchtknoten haben. Weiblich monözische Pflanzen scheinen ertragreicher zu sein als diözische Klone. Der Chromosomensatz beträgt $n=24, 26$.

Grundlage des Fasernesselanbaus in Deutschland bildet das "Hamburger Fasernesselsortiment", welches von den Züchtungsarbeiten in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts übrig geblieben ist. Es umfasst nach Dreyer (1999) etwa 28 Klone, die von der großen Nessel für eine Fasernutzung aus früheren Kreuzungen von Bredemann (1959) selektiert und zurück gelassen wurden. Außer im Fasergehalt unterscheiden sie sich nach Dreyer (1999) auch stark im Vegetationsbeginn (Differenz 3 Wochen) und bezüglich der Erntereife (4 Wochen).

Schon der Name, der sich aus dem indogermanischen Wortstamm "ned" für zusammendrehen/knüpfen ableitet, macht deutlich, dass die Fasernutzung neben der Nutzung als Arznei- und Nahrungspflanze geschichtlich immer eine wichtige Rolle gespielt hat. Die genetischen Ursachen der, gegenüber den Wildtypen mehr als doppelt so hohen Fasergehalte kultivierter Klone, sind noch weitgehend unbekannt. Aktuelle Zuchtziele sind die Verbesserung des Fasergehaltes und der Flächenerträge.

ANBAU

Boden u. Lage: Die Nessel bevorzugt frische, kalkhaltige und nährstoffreiche Böden. Sie hat in Bezug auf die Bodenreaktion ein relativ enges Optimum um pH 6,5. Sie toleriert keine Staunässe, ist wenig salzverträglich und gedeiht sehr gut auf Niedermoorböden und mittleren

Lehmböden bis hin zu sandigen Lehmen, sofern genügend Feuchtigkeit vorhanden ist. Wildformen finden sich oft in der Nähe menschlicher Siedlungen, an Ufersäumen und an feuchten Waldstellen. Für hohe Erträge benötigt die Kultur Standorte mit >750 mm Niederschlag/Jahr. Für hohe Erträge sind ausreichende Niederschläge von Mai bis August bei Fasernutzung besonders wichtig. Die höchsten Wachstumsraten werden im Juli erreicht; das heißt, dass typisch sommertrockene Standorte (Juli-August) wenig geeignet sind.

Die Nessel gilt allgemein als Stickstoffzeigerpflanze (nitrophil) und reagiert besonders auf Nitrat als bevorzugte N-Quelle. Nach Ellenberg et al. (1991) ist die Nessel licht-, kontinentalitäts- und temperaturneutral. Für eine gute Faserqualitäten sind sonnige Lagen günstig aber nicht zwingend, denn die Pflanze ist gut an die Klimate Mitteleuropas angepasst. Die Kultur ist frosthart.

Anbauhinweise allgemein: Die Fasernessel ist eine mehrjährige Kultur mit hohen Anlagekosten, langer Nutzungsdauer von über 5 bis zu 10 (15) Jahren. Aufgrund fehlender Bodenbearbeitung, permanenter Bodenbedeckung und intensiver Durchwurzelung hat sie eine positive Fruchtfolgewirkung.

Wird die Fasernessel mit Untersaaten (Unkrautkontrolle und N-fixierung) angebaut, so muss nach Untersuchungen in Göttingen das Wachstum der Untersaat möglichst auf die Zeit von Ende August bis April beschränkt bleiben. Danach muss der Bestand abgemulcht, eingefräst oder anderweitig kontrolliert werden. Andernfalls kommt es sehr leicht zu starker Konkurrenz um Wasser und Nährstoffe. Als mögliche Untersaaten werden Inkarnatklee und Sommerwicke vorgeschlagen, es sollte jedoch nach Meinung der Autoren auch Zottelwicke getestet werden.

Bodenvorbereitung: Zum Auspflanzen der Nessel empfiehlt sich eine Pflugfurche mit anschließender Bearbeitung des Bodens mit einer Saatbettkombination, wobei die Bearbeitung für die Pflanzung im Frühjahr erfolgen kann.

Leguminosen oder Leguminosengemenge sind günstige Vorfrüchte. Es ist darauf zu achten dass der Standort vor Anlage des mehrjährigen Anbaus weitgehend unkrautfrei ist, insbesondere bezüglich Wurzelunkräutern. Als Nachfrucht eignen sich wegen der erleichterten Durchwuchsbekämpfung Getreidearten.

Saat/Pflanzung: Ein Anbau mit Ansaat scheidet wegen unzuverlässigem und meist schlechtem Aufgang unter Feldbedingungen sowohl für die Blatt- als auch für die Fasernutzung in der Regel aus. Außerdem ist bei Fasernutzung bis heute nur über die vegetative Vermehrung ein befriedigender Fasergehalt der Kultur sicherzustellen, weshalb sie für diese Produktlinie zwingend nötig ist.

Massenvermehrung der Fasernessel mit Stecklingen zur Erzeugung von Jungpflanzen:
Die Mutterpflanzen können in Anzuchtkästen von 50x50x50 cm Kantenlänge ohne Boden gehalten werden.

1. Verfahren mit Pikierschalen und Umpflanzen:

Von den Stängeln werden Stängelabschnittsstecklinge gewonnen; diese werden dann in Pikierschalen mit leicht gedüngtem Torfsubstrat bzw. -ersatz bewurzelt, in Erdtöpfe verpflanzt und nach einem Wachstum bis auf 80 cm Höhe einem Rückschnitt auf 30 cm Wuchshöhe unterzogen; danach werden sie mit einer Pflanzmaschine ausgebracht. Dies ist ein optimales aber auch sehr teures Verfahren.

2. Durch direkte Bewurzelung der Nodienstecklinge in gepressten Erdtöpfen, in denen sie später auch ausgepflanzt werden, lassen sich Kosten verringern, so dass dieses Vorgehen bei geringen Einbußen von Pflanzmaterial wirtschaftlich besser abschneidet.

Verfahren zur Etablierung von Nesseln

- a) **Jungpflanzen aus Nodienstecklingen** (*bestes Verfahren für Fasernutzung nach DREYER 1999*)
 Ausgangsmaterial: 25 Mutterpflanzen (Klone) mit Ø 25 Stängeln/Pflanze
 Stecklingsproduktion: 30 Sproßabschnittsstecklinge/ Stängel zur Bewurzelung und Anzucht (Dauer 3 Monate)
 Jungpflanzen: 25 Mutterpflanzen a 750 Jungpflanzen ergeben 18.000 Pfl. für 1 ha
 Auspflanztermin: Anfang Mai mit >20 cm Höhe.
 Reihenabstand: 1 m
 Pflanzabstand in der Reihe: 0,55 m
 Pflanzenanzahl: 18.000/ha (nach anderen Autoren bis 40.000/ha)
 Untersaaten von Leguminosen: 2-3 Wochen nach dem Auspflanzen zwischen den Reihen bzw. nach der Ernte im August/September (eher angeraten).
- b) **Erzeugung von Tufts** zur Pflanzung im April (nach BOMME et al (1994) bestes Verfahren für Blattdrogen)
 Ansaat Anfang März im Anzuchtcontainer mit 6-8 Samen; 20-30 °C
 Anzuchttemperatur, wobei für Keimung kühle Nachttemperatur erforderlich ist
 Tufts mit 3-5 Pflanzen je Container
 Auspflanztermin: Mitte April
 Reihenabstand: 45 bis 50 cm
 Pflanzabstand in der Reihe: 25-30 cm
 Pflanzenanzahl: 80.000 Pfl./ha
- c) **Rhizomvermehrung:** (bedingt geeignet aber kaum praktiziert für Blatt- und Fasernutzung)
 Rhizomlängen: 5-7 cm
- d) **Verfahren mit Aussaat der Samen:** (mäßig geeignet für Blatt- und Wurzelnutzung)
 Aussaattermin: April
 TKG: 0,14 g
 Aussaatstärke: 4-6 kg/ha
 Aussaattiefe: 1-2 cm
 Reihenabstand: 50 cm
 Problem: geringe und ungleichmäßige Auflauftrate bei gedrillten Beständen; hoher Unkrautdruck

Auspflanzung mit Pflanzmaschine, wie im Feldgemüsebau üblich in 1 m Reihenabstand und 0,5 m Abstand in den Reihen, wodurch eine Bestandesdichte von 20.000 Pfl/ha erzielt wird (effektiv nach Ausfällen um 10 % 18.000/ha (Angaben schwanken je nach Autoren von 1 bis 1,4 m x 0,3 bis 0,6 m)).

Pflegemaßnahmen

mechanische Beikrautkontrolle mit Untersaat:

1.: Anbaujahr (mechanische Variante):

nach dem Auspflanzen: 2-3 x mechanische Unkrautbekämpfung zwischen den Reihen und 1 bis 2mal Handhacke in den Reihen.

2. Anbaujahr und folgende Jahre:

Mulchen des Aufwuchses zwischen den Reihen; evtl spezifische Unkrautbekämpfung bei Problemunkräutern.

Zur Einhaltung der Reihenanordnung und zur Beseitigung starker Konkurrenz durch die Untersaat kann zwischen den Reihen im Frühjahr/Frühsummer *flach* gefräst werden.

Anbau mit Herbiziden, ohne Untersaat: Die Brennessel reagiert empfindlich auf sehr viele Herbizide und die Verträglichkeiten sind noch nicht gut untersucht.

Alternativ zur mechanischen Unkrautbekämpfung können zwischen den Reihen im ersten Anbaujahr auch Totalherbizide eingesetzt werden. Zugelassene Herbizide für Fasernessel gibt es nicht. Da nach dem 1.7.2001 die Indikationszulassung gilt, ist der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln ab diesem Zeitpunkt nur noch mit Spezialzulassungen (Lückenindikation) möglich und zulässig.

Fasernesseln bilden zu Beginn der Saison eine sehr hohe Sproßzahl aus (bis zu 1.000/m²). Im weiteren Verlauf kommt es zu einer Selbstaussdünnung, wodurch die Bestandesdichten sich mehr oder weniger von selbst auf Werte um 250-300 Stängeln/m² regeln. Durch die Kombination von starker Bestockung, Ausläuferbildung und frühem Wuchs der Nessel kann sie Konkurrenten leicht überwuchern, weshalb sie nach ihrer Etablierung sehr konkurrenzstark gegenüber Verunkrautung ist. Problemunkräuter wie Ackerwinde und in alternden Beständen Klettenlabkraut, Distel und einige Ungräser können es mit ihr aber trotzdem aufnehmen. Sie sollten bei Auftreten selektiv in Schach gehalten werden (Teilflächenbehandlung oft ausreichend). Falls es aufgrund lückiger Bestände oder hohem Verunkrautungsdruck dennoch in den Folgejahren zu Problemen kommen sollte, so kann in zwei- bis dreijährigen Abständen die Bekämpfung aufkommender Gräser mit Fusilade® und von Distel mit Lontrel®, am besten nach der Ernte, erfolgen (Angabe ohne Gewähr!). Mit Ertragsminderungen aufgrund der Herbizidanwendungen muss nach gegenwärtigem Sachstand gerechnet werden! Gleiches ist auch wahrscheinlich bei tiefem Fräsen zwischen den Reihen, da dadurch auch die flach verlaufenden Rhizome in Mitleidenschaft gezogen werden.

Krankheiten und Schädlinge

Bezüglich auftretender Schadorganismen sind keine Pflanzenschutzmaßnahmen nötig. Krankheiten und diesbezügliche Bekämpfungsmaßnahmen spielen bisher keine Rolle im Nesselanbau, obwohl vereinzelt über das Auftreten von Fusarium und Rhizoctonia Wurzelfäulen berichtet wird.

Düngung

Zur Anlage (nur) von Fasernesseln können einmalig und mit guter Wirkung auf die Etablierung 200 dt/ha Stallmist vor dem Anpflanzen gegeben werden (ca. 90 kg/ha N, 25 kg P₂O₅, 110 kg K₂O und 18 kg MgO pro ha).

Da bei Fasernessel im Gegensatz zur Nutzung als Blattdroge nur der weitgehend entlaubte Stängel mit einem Gehalt von etwa 0,7 % N; 0,5 % P₂O₅; 1,9 % K₂O in der Trockenmasse geerntet wird, stellt sie keine hohen Ansprüche an die Düngung. Ausserdem nehmen die Rhizome im Herbst den aus den Blättern wieder frei werdenden Stickstoff auf und lagern ihn über den Winter in Form von freien Aminosäuren (vornehmlich Asparaginsäure und Argininsäure) wieder ein. Das ist der Grund dafür, dass auf Nesselfeldern stets geringe Nmin-Gehalte im Herbst und Winter gemessen werden. Dies war bei Versuchen in Göttingen auch

mit gemulchten Leguminosenuntersaaten der Fall. Im Anbausystem mit Kleeuntersaat können von den empfohlenen Düngermengen 30-40 kg N/ha abgezogen werden, es sollten aber regelmäßig Nmin Untersuchungen gemacht werden, um eine mittlere N-Versorgung zum Hauptwachstum sicherzustellen (Versorgungsstufe C, VDLUFA).

Allgemeine Düngeempfehlung nach Dreyer bei Anbau nach/mit Leguminosenuntersaat: 60-70 kg N, 40-50 kg P₂O₅, 150-180 kg K₂O pro ha und Jahr.

Nach Angaben der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft und nach jüngeren Ergebnissen an der Universität Göttingen (SCHMIDTKE, mündl. Mitt.) sind für dichte, ausdauernde Bestände größere Stickstoffgaben nötig, die im Bereich von 150-200 kg N/ha und Jahr liegen. Wegen des enormen Aneignungsvermögens ist kurz bis mittelfristig dennoch keine Gefahr der Auswaschung damit verbunden. Es kann vermutet werden, dass Stickstoff im System in Form von Wurzelbiomasse und Humus angereichert wird.

Düngung im ersten Anbaujahr: N-Düngung in zwei Teilgaben zwischen Mai bis Juli;
Düngung ab dem zweiten Anbaujahr: zum Vegetationsbeginn.

Der Säuregrad des Bodens ist durch Kalkung von etwa 350 kg/ha CaO pro ha und Jahr in periodischen Abständen oder auch vor der Nesselanpflanzung im Neutralbereich zu halten. Bei Stickstoff nimmt die Nessel bevorzugt Nitrat auf. Zu hohe N-Gaben (je nach Standort bei 150 bis 200 kg/ha) können sich auf Böden mit guter Nachlieferung negativ auf die Abreife und Qualität der Fasern auswirken.

Ernte

a) Faserernte:

Erntezeitpunkt: Ende August (Hamburg)

Ernteverfahren: Schnitt mit Heckmäherwerk in 10 cm Höhe, danach 1-2-maliges Wenden und Trocknen und nach 10-14 Tagen Pressen der Faserstängel mit Quaderballenpresse bzw. mit Rundballenpresse

Ertrag an Faserstängeln: 70-100 dt TM/ha

Faserertrag: 10-14 dt/ha (zum Vergleich Textil-Lein: um 10 dt/ha ; Hanf um 20 dt/ha) *)

Technischer Faserertrag: 23 dt/ha (Lein: 20 dt/ha)

Wichtig für eine gute Ernte sind:

- hoher Stängeltrtrag
- geringer Blattbesatz (bei Zuchtsorten kleiner 40 %)
- ausgereifte Fasern
- Diese Bedingungen sind in der Regel erfüllt, wenn bei weiblichen Pflanzen die unteren Rispen abgeblüht und die Früchte reif geworden sind, bei männlichen Klonen, wenn alle Rispen abgeblüht sind.
- Die Fasererträge, die im ersten Anbaujahr noch gering sind und die Faserstängelträge steigen in den ersten vier Jahren von Jahr zu Jahr an (als gute Fasertypen sind die Klone 1 und 13 des Hamburger Sortiments einzustufen).
- **Fasertypen** sind noch nicht zugelassen. Die Stängelträge, die bei Wildformen 25 bis maximal 50 dt TM/ha mit Faseranteilen von 1,2-7 % betragen, erreichen bei Fasernesseln 65-100 dt TM/ha mit einem Fasergehalt von 10-12 und max. 14 %. In

*) SCHMIDTKE et al. 1998 konnten bei starker Verunkrautung bzw. später Saat in den ersten zwei Jahren und ohne Düngung nur Erträge um 6 dt/ha erzielen.

älteren Quellen wird auch von Klonen mit 17 % berichtet. Dieses Zuchtmaterial scheint jedoch verloren gegangen zu sein. Der Holzanteil der Stängel liegt bei 62-75 % und ist negativ mit den Fasergehalten korreliert; der Blattanteil liegt bei 8-12 % der Stängeltrockenmasse.

b) Wurzelernte: Falls Absatzmöglichkeiten bestehen und leichte Böden vorhanden sind, läßt sich nach mehrjähriger Fasernutzung eventuell noch die Wurzel der Nessel ernten, die Erträge um 15-25 dt/ha Trockenmasse erbringt. Die Wurzeldroge wird vielseitig eingesetzt und enthält unter anderem beta-Sitosterin und Sterylglycoside, die in der Therapie benigner Prostatahyperplasie (BHP) eingesetzt werden können (siehe unten im Abschnitt: Nutzung als Arzneipflanze).

Rodetiefe: ca. 30 cm, mit Schwingsiebroder oder Kartoffelroder im Herbst.

Vor der Ernte ist das Kraut abzuschlagen

Aufbereitung und Trocknung: Wurzelstöcke in 5-10 cm große Stücke teilen, waschen und trocknen bei 40-50 °C.

Eigenschaften von Nesselfasern

Tabelle F1: Fasereigenschaften nach dem Aufschluss mit dem Flaksy® Verfahren (DREYER 1999).

	Fasernessel	zum Vergleich: Flachs
Feinheit	30-40 µm	
Länge	40-60 mm	
Farbe	glänzend weiß	
Zugfestigkeit	740 N/mm ²	
Dichte	1,51 g/cm ³	
Reißkraft [cN/tex]	58,5	47,2
Elastizitätsmodul [cN/tex]	4.562	2.998

Nesselfasern besitzen das Potential Glasfasern in Verbundstoffen zu ersetzen. Sie sind außerdem leicht zu spinnen und zu verweben und eignen sich deshalb auch hervorragend als Textilfasern. Weitere günstige Eigenschaften der Nesselfasern (siehe Tabellen F1 und F2) sind ihr seidenähnlicher Glanz, hohe Reißfestigkeit und die Leinenoptik. Als einzige Pflanzenfaser hat sie wärmende Eigenschaften, die ähnlich denen der Wolle sind. Nesselfaser läßt sich leicht färben, ist antistatisch und relativ pflegeleicht.

Tabelle F2: Physikalische Faserkennwerte von Fasernessel im Vergleich mit Flachs und Ramie (nach Daten von MIEK 1993; MÜSSIG 1998 und HANSELKA 1998 zusammengestellt von DREYER 1999)

	Fasernessel	Flachs	Ramie
Faserfeinheit [dtex]	5	5-13	1-7
Dicke [μm]	49	40-80	11-33
Faserlänge [mm]	1.200-1.500	2.000	200-800
- technische Faser	50-60	60-220	20-42
- Elementarfaser			
Zugfestigkeit [cN/dtex]	3,6-6,9	4,0-7,0	3,0-5,5
- [GPa]		600-1.050	450-800
Elastizitätsmodul [GPa]		5,0-7,0	8-10
Dehnung [%]	1,4-1,9	2-3	1,5-4
Dichte [kg/m ³]	1.510	1.500	1.430-520
Feuchtigkeitsaufnahme [%]	11-17	12-17	8-10

Ökologie und Ökonomie

Ökologie und Fasernessel:

Die Große Brennnessel ist die einzige zur Verfügung stehende mehrjährige Faserpflanze. Sie bietet die Möglichkeit, Erosion und Nährstoffauswaschung in den gängigen Fruchtfolgen zu mindern und eignet sich als mehrjährige Kultur wegen der unterbleibenden Bodenbearbeitung auch gut für den Anbau auf anmoorigen Böden mit problematischer Stickstoffdynamik bei regelmäßiger Bodenbearbeitung. Durch die äußerst effiziente Aufnahme und Speicherung von Stickstoff und anderen Nährstoffen in den Rhizomen und den daraus resultierenden minimalen Restnitratgehalten unter Nesseln eignet sich die Kultur zum Anbau in Wasserschutzgebieten. Auch der fehlende oder sehr geringe Aufwand an Pflanzenschutzmitteln ist in diesem Zusammenhang sehr positiv zu bewerten.

Sie kann als Ersatz für Baumwolle eingesetzt werden, einer Kultur, in der weltweit die größten Mengen an Insektiziden verwendet werden. Das mittlere Ertragsniveau der Baumwolle liegt mit 3-15 dt/ha im Weltmaßstab noch etwas unter dem der Nessel. Die Ramie als tropischer Konkurrent mit der besten Faserqualität liefert mit 4 % Faser bei Erträgen um 50 dt/ha Frischmasse geringere Erträge.

Nach Untersuchungen von DAVIS (1991) können über 100 Insektenarten mit Nessel assoziiert werden. Dreißig von ihnen sind obligat phytophag. Trotzdem kommt es aufgrund von Kontrollmechanismen durch die Pflanze selbst und in den Beständen nicht zu Massenvermehrungen. Dies gilt auch für die Schmetterlingslarven des kleinen Fuchses (*Aglais urticae*) oder des Tagpfauenauges (*Inachis io*), die sich von Nesseln ernähren (Abbildung F1), von denen aber, ebenso wie vom Nesselzünsler und vom Brennnessel-Zünsler (Nachtschmetterlinge) nie Schäden berichtet werden, die über 1 % der Nesselbestände hinaus gehen.

Nicht zuletzt auch aufgrund der Mehrjährigkeit ist die Fasernessel deshalb als ökologisch wertvolle Kultur einzustufen mit positiven Wirkungen bezüglich der Artenvielfalt (die im hier angewandten Bewertungsverfahren (Kapitel 7.4.4) aufgrund der gewählten Parameter

allerdings nicht zum Tragen kamen), des Erosions- und Gewässerschutzes, der Umwelttoxizität und bezüglich des Verbrauchs an nicht erneuerbaren Ressourcen. Gegenüber Baumwolle ergaben sich in der ökobilanziellen Betrachtung bei Fasernessel in fast allen Wirkungskategorien deutliche Umweltvorteile gegenüber der Verwendung von Baumwolle als Textilfaser (Kapitel 7.3.4.8).



Abbildung F1: Kleiner Fuchs (links) und Tagpfauenauge (rechts) leben von der Brennessel.
Fotos: Peter Schweri, Zürich, Schweiz
<http://www.dekko.inf.ethz.ch/VEBiotop.html>

Ökonomie der Fasernesselproduktion:

Nach DREYER (1999) entstehen bei Stecklingsvermehrung aus Nodienstecklingen mit je einem Blattpaar Kosten von 20 Cent je Jungpflanze (bei Optimierung des Verfahrens etwa 15 Cent). Bei 18.000 Pflanzen pro Hektar sind das Pflanzgutkosten von 3.400 € bzw. 2.550 €/ha. Die hohen Anpflanzkosten, die etwa drei bis vier mal so hoch liegen wie bei Hanf, können sich demnach in vier Jahren amortisieren und als vertretbar gelten, wenn die Kultur danach noch mehrere Jahre voll produziert.

Nach Literaturangaben ist eine Kulturdauer von 10-15 Jahren möglich, es liegen aber noch zu wenige Erfahrungen vor, um diese Prognosen realistisch beurteilen zu können.

Die Preise für technische Fasern liegen bei etwa 0,5 € bis 0,65 € pro kg (1999). Bei 18-23 dt technischem Faserertrag entspricht das einer Wertschöpfung inklusive Aufarbeitung von 900 bis 1.150 €/ha bei 0,5 € und von etwa 1.170 € bis 1.495 € bei 0,65 €.

Wichtige Bedingungen für eine wirtschaftliche Faserproduktion sind preiswerte Zwischenlagermöglichkeiten und die räumliche Nähe zu lokalen Verarbeitern. Die Stoffkontor Kranz AG zahlte im Jahr 2000 den Erzeugern umgerechnet ca. 100 € pro Tonne Stängelstroh. Bei einer Produktion von 80 dt/ha entspricht das 800 €/ha Rohertrag, bei einer Produktion von 100 dt/ha 1.000 €/ha. Dazu kommt noch die Stilllegungsprämie von etwa 333 € bzw. die Flächenzahlung in etwa der gleichen Größenordnung, so dass mit Fasernessel ein Rohertrag von etwa 1.130–1.330 €/ha erzielt werden kann.

Verwertung und Märkte: Die Anwendungsbereiche der Fasernessel liegen momentan vor allem im textilen Bereich, wo z.B. die Stoffkontor Kranz AG in Lüchow-Dannenberg im Jahr

2000 etwa 100 ha Fasernessel im Vertragsanbau hatte (mit Tendenz zur Ausweitung) und nach eigenen Angaben die Nachfrage nach den neuen Stoffen nicht befriedigen können.

Neben den mechanischen Aufschlussverfahren entwickelt die Arbeitsgruppe um das Stoffkontor, zu der auch das TITK aus Thüringen und die Firma J.Heywinkel in Osnabrück gehören, auch ein Verfahren zum enzymatischen Faseraufschluss, wodurch die Qualität der Faser für die textile Verwertung aber auch für die Verbundstoffproduktion noch einmal entscheidend verbessert werden soll. Der potenzielle Bedarf an Textilfaser in Deutschland wird von DREYER (1999) mittelfristig auf etwa 10.000 t pro Jahr geschätzt, was einer Anbauflächen von etwa dem gleichem Umfang entspräche. Im Bereich der technischen Fasern, wo Fasernessel gut im Bereich der Verbundstoffe und als Ersatz für Glasfaser eingesetzt werden kann, wird der Bedarf vom gleichen Autor auf mögliche 50.000 t pro Jahr geschätzt, was etwa 25-35.000 ha entspricht, wobei in diesem Marktsegment allerdings mit Flachs und Hanf auch Konkurrenz aus anderen, kostengünstigeren heimischen Quellen existiert. Das NOVA-Institut (2000) schätzt den Bedarf an Kurzfasern für schon etablierte Verbundstoffe EU weit mittelfristig auf 40.000 bis 70.000 t/Jahr und kalkuliert darüber hinaus mit neuen Einsatzfeldern, die diese Zahl längerfristig noch einmal verdoppeln könnten.

NUTZUNG ALS ARZNEIPFLANZE UND SONSTIGE NUTZUNGEN:

Anwendung:

Kraut, Blätter und Wurzeln für Pharmazie, Kosmetik und als Hausmittel.

Wirkungen:

Heilung entzündlicher Erkrankungen der ableitenden Harnwege (Blatt-Tee), Unterstützung des Stoffwechsels (z.B. Durchblutungsförderung des Haarbodens), Förderung der Bildung roter Blutkörperchen, bei rheumatischen Beschwerden, Wundheilmittel sowie als deodorierendes Mittel in der Kosmetik (DACHLER und PELZMANN 1999).

Bei der gutartigen Prostatavergrößerung ist die Brennesselwurzel als Arznei im Stadium I und unterstützend im Stadium II zu empfehlen. Die Extrakte der Pflanzen können Symptome lindern (z. B. positiv auf Blasenfüllvolumen, Harnstrahl und Restharmenge). Ob die Vergrößerung der Prostata drüse durch Pflanzenwirkstoffe behoben werden kann, ist nicht sicher, es gibt aber Hinweise darauf.

Zubereitungsvorschlag für einen Brennesselwurzeltee:

Auf eine Tasse kaltes Wasser einen gehäuften Teelöffel (1,5 g grob gemahlene Wurzel) Brennesselwurzel geben, erhitzen und eine Minute sieden lassen, dann 10 Minuten abgedeckt ziehen lassen, umrühren und abseihen. Mittlere Tagesdosis 4-6 g Droge bzw. 2-3 Tassen.

Die Wurzelwirkstoffe können auch als Phytopharmaka in Form von Tabletten eingenommen werden. Mehrere Produkte sind am Markt.

Weitere Verwendungen der Blätter sind die Chlorophyllgewinnung und als Farbstoff in Lebensmitteln und Seifen.

Sorten:

Die einzige zugelassene Sorte in Deutschland: "Urimed" der Firma PHARMAPLANT

Hauptinhaltsstoffe:

Die Blätter enthalten viel Vitamin C und Mineralstoffe wie z.B. Eisen, Kalzium, bis über 1 % Chlorophyll und den pharmazeutischen Wirkstoff Sitosterin.

In der Wurzel Droge (Urtica Radix) sind Sterylglycoside, Sitosterin, Lignane und Gerbstoffe enthalten.

Ansprechpartner und Adressen:

Dr. K. Schmidtke und Dipl. Ing. Phillip Lehne , Inst. f. Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung,
Universität Göttingen
Telefon: 0551-39 4367 (Pflanzenbauliche Fragen, Fasernessel)

Institut für Pflanzenkultur
D-29465 Schnega,
Tel: 05842/472 (Anbau/ Vermehrung, Fasernessel)

Dr. Ulrich Bomme
Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau
Postfach 1641
85316 Freising-Germany
(Nutzung von Nessel als Arzneipflanze, Blattverwertung)

IfUL Müllheim, Dr. Reinhold Vetter, Dr. K. Müller-Sämann (Anbau und Verwertung
allgemein)
Telefon. 07631/ 368450; Informationssystem: [http:// www.inaro.de](http://www.inaro.de)

IAF Reutlingen,
Martin Tubach,
FH-Reutlingen
Telefon: 07121/ 271-535
Faserforschung, Nessel als Textilfaser.

IFA Tulln (Österreich)
Dr. H. Buertmayr (Anbaufragen Fasernessel); EU-Projekt Fasernessel
Telefon: +43 2272/ 66280-205

Julius Heywinkel GmbH, Osnabrück
Verarbeiter technische Fasernutzung Industrietextilien: (Formteile aus Fasernessel und PP-
Faser für Autoinnenverkleidungen)
49013 Osnabrück,
Telefon: 0541-58 49 10
Fax: (++49) 541-58 49 130,
www.heytex.de

Stoffkontor Kranz AG
Verarbeitung Nesselstoffe und Vertragsanbau von Fasernessel
Dannenberger Straße 27
29439 Lüchow/Wendland,

Tel: 05841-97980—0

Fax: 05841-6849

Spezifische Literaturquellen:

Bomme et al. (1994)

Bredemann (1959)

Dachler und Pelzmann (1999)

Dreyer (1999)

Ellenberg et al (1991)

Engler (1999)

Lehne et al.(1998)

Schmidtke et al. (1998)

Stoffkontor Kranz AG (2000)

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, FNR (2000)

Förderangaben:

Das Vorhaben wurde im Rahmen des Förderprojektes "Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung" (BW-PLUS) am Forschungszentrum Karlsruhe mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert. (Zuwendungsnummer: BWA 20002)

RHABARBER

Name und Botanik

<p>Rhabarber (<i>Rheum palmatum</i>, <i>Rheum spp.</i>)</p> <p>Ordnung: Polygonales Familie: Polygonaceae (Knöterichgewächse)</p> <p>Gattung: Rheum</p> <p>Synonyme: Rheum rhabarbarum</p>	 <p>Wurzel der Rhabarberpflanze</p>
--	---

BIOLOGIE

Vorkommen:

Rhabarber stammt aus Regionen in Nordchina - Tibet und fand seinen Weg über Russland nach Europa, wo er seit dem 18. Jahrhundert, von England ausgehend, neben der medizinischen Wirkung auch in die Ernährung Eingang fand. Seit etwa Mitte des 19. Jahrhunderts wird *Rheum rhabarbarum* auch wegen der Stängel für die Kompottherstellung angebaut. Geschichtlich und für die Verbreitung bedeutender waren die Inhaltsstoffe der Wurzel: Polyphenolverbindungen als Flavonoide, Anthraglykoside (laxierende Wirkung), Anthrachinone und Catechingerbstoffe. Neben *Rheum palmatum* gibt es noch zahlreiche andere Rhabarberarten, wie etwa den südchinesischen Kanton-Rhabarber (*Rheum officinale*), der in SW-China, SO-Tibet und Burma verbreitet ist. Die Pflanzenwurzel enthält Anthracen-Derivate in freier Form und als Glykoside, Dianthrone (abführend) und ebenfalls Gerbstoffe (Gallotannine).

Wuchshöhe und Wuchsform:

Rhabarber ist eine mehrjährige Rhizomstaude mit dickem, holzigem Wurzelstock und langen, fleischigen Blattstielen mit großer Blattmasse. Die einfachen, großen Blätter entwickeln sich auf bis zu 60 cm langen und 3-5 cm breiten, glatten und kahlen Stielen. Die Blattstiele, sie werden auch "Rhabarberstangen" genannt, enthalten vorwiegend Apfelsäure, Zitronensäure und Oxalsäure und werden als Gemüse für Kompott und Desserts genutzt. Die Oxalsäure, die verantwortlich ist für den sauren Geschmack des Rhabarbers, findet sich vor allem in den Blättern. Rhabarber ist verdauungsfördernd und wirkt leicht bakterizid.

Blüte:

Bis 2 m hohe Infloreszenzen mit rispenartigen Blütenständen, auf denen zwittrige Blüten mit oberständigem Gynoceum sitzen, aus denen eine Samenanlage hervorgeht. Die Samen enthalten ein stärkehaltiges Endosperm, das bei einem Verwandten des Rhabarber, dem

Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*) wie bei Getreide genutzt wird. Blütezeit ist Juni/Juli.

Zucht:

Für die stoffliche Verwertung ist der Rhabarber vor allem wegen der Gerbstoffe in den Wurzeln interessant. Die extrahierbaren Gehalte an Catechingerbstoffen liegen bei heute verfügbaren Pflanzen um 3 % Gerbstoffgehalt. Bei Versuchen in Sachsen Anhalt wurde mit insgesamt 42 Herkünften gearbeitet. Die Sorte "The Sutton" wurde für eine ganzheitliche Betrachtung von der landwirtschaftlichen Produktion bis hin zur industriellen Verarbeitung verwendet. Im Blatt für Sortenwesen des Bundessortenamtes (4/2000) sind allerdings (noch) keine Rhabarbersorten eingetragen, es handelt sich bei den angebauten Rhabarbertypen demnach allenfalls um Herkünfte. Ziel ist die Selektionen für die Gerbstoffherstellung.

ANBAU

Boden und Lage: Rhabarber liebt einen mittelschweren bis schweren, tiefgründigen, nährstoffreichen Boden; keine stehende Nässe. In der Reihe ca. 80-100 cm (Stielnutzung); Pflanztiefe: die Knospen der Teilpflanzen ca. 5 cm mit Erde überdecken; sehr nährstoffbedürftig.

Anbauhinweise allgemein: Die Rhabarberkultur zur Gerbstoffgewinnung ist eine mehrjährige Kultur, denn für eine ausreichend hohe Biomasse- und Gerbstoffproduktion ist nach gegenwärtigem Sachstand eine Mindeststandzeit von drei Jahren notwendig. Für die Kultivierung von Rhabarber wird bei der Neuanlage der Boden tief gelockert, mit einer Phosphat-Vorratsdüngung versehen und reichlich organisch gedüngt. Je nach Erntezyklen ist eine mechanische Unkrautbekämpfung auch für eine Auflockerung des Bodens günstig. Die Pflanzen benötigen, besonders in den Monaten Mai und Juni, reichlich Wasser. Deshalb sind Böden mit gutem Wasserhaltevermögen für die Ertragsbildung sehr geeignet.

Durch die hohe Biomassebildung der Rhabarberpflanzen kommt es neben einer guten Nährstoffausnutzung zu einem hohen Entzug an mineralischen Nährstoffen. Um den Rhabarber sortenrein zu kultivieren, wird vegetativ vermehrt. Die Pflanzung der hierzu eingesetzten Rhizomstücke erfolgt vorzugsweise im Herbst. Die Pflege erstreckt sich vorwiegend auf das erste Wachstumsjahr und erfordert eine gute mechanische Bekämpfung von unerwünschten Wildkräutern. Pflanzenschutzmaßnahmen sind in alten Beständen gelegentlich gegen Blattpilze, seltener gegen Insekten notwendig. Der geringe Aufwand an Pflege und eine vorwiegend organische Düngung lassen eine umweltfreundliche Produktion der Rhabarberwurzeln zu.

Die Rhabarberpflanzen bilden sehr kräftige Wurzelstöcke. Als Inhaltsstoffe enthalten sie große Anteile an gerbend und färbend wirkenden Substanzen wie zum Beispiel Catechin, Tannin, Anthrachinone, Anthranole und Anthrone, die als Glykoside und als Aglykone vorliegen. Diese bilden die Grundlage für die schon seit langem bekannte medizinische Nutzung, die von der Herstellung appetitanregender Drogen bis hin zu Abführmitteln reicht. Die Konzentrationen der Inhaltsstoffe in den Wurzeln sind abhängig von Herkunft und Genotyp der Pflanzen, aber auch vom Alter (höhere Gehalte) und den Wachstumsbedingungen. Untersuchungen der letzten Jahre im Rahmen verschiedener Forschungsvorhaben zeigten, dass die Inhaltsstoffe auch zum Gerben und Färben von Leder gut geeignet sind. Es wurden Leder mit guten Gebrauchseigenschaften und vielen verschiedenen Farbvariationen produziert. Eine Gewinnung der Inhaltsstoffe ist durch Extraktion möglich.

Bei Nutzung der Inhaltsstoffe für die Leder- und Textilindustrie ist es notwendig, den Rhabarber auf größeren landwirtschaftlichen Flächen anzubauen, als es bislang für die Rhabarberproduktion als Gemüse der Fall ist. Nach den bisher erfolgten Untersuchungen können folgende Aussagen getroffen werden:

- Die Pflanzung sowie die Bearbeitung der Bestände während des Wachstums der Pflanzen lässt sich mit landwirtschaftlich üblicher Technik rationell durchführen.
- Bei der Herstellung von Rhizomstücken für die Pflanzung sind größere Aufwendungen an Handarbeit notwendig, welche den Hauptteil der Anbaukosten verursachen. Die Möglichkeiten einer rationellen Ernte der Wurzeln werden zur Zeit im Rahmen eines vom Land Sachsen-Anhalt geförderten Forschungsprojektes untersucht.

Zum Auspflanzen des Rhabarber

Saat/Pflanzung:

Anbau mit vegetativ vermehrtem Pflanzgut aus Wurzelteilen. Die Rhizomteile werden in etwa 5 cm Tiefe abgelegt.

Massenvermehrung der Verfahren zur Etablierung von Rhabarber:

a.	Pflanzenanzahl: ca. 7.000 Pflanzen/ha (0,66/m ²)
b.	Rhizomvermehrung
c.	Verfahren mit Aussaat der Samen

Auspflanzung mit Pflanzmaschine

Pflege:

Mechanische Variante mit Untersaat

Düngung:

Allgemeine Düngeempfehlung: Sollwert 200 - 250 kg N pro ha und Jahr.

Ökologie und Ökonomie

Ökologie und Rhabarber:

- Der ökologische Hauptgewinn des Rhabarberanbaus für die Gerbstoffgewinnung leitet sich indirekt aus der Substitution von Chromgerbstoffen und damit aus der Vermeidung schwermetallhaltiger Rückstände und Abfälle ab.
- Lange Transportwege für importierte pflanzliche Gerbstoffe aus tropischen Ländern, in denen die Nachfrage bei einzelnen Baumarten zu bestandesgefährdenden Ausdünnungen führen kann, entfallen.
- Ökologisch belastete Flächen können wieder landwirtschaftlich genutzt werden.
- Die anfallenden Restleder können nach der Behandlung mit ebenfalls pflanzlichen Farbstoffen, wozu z. B. die Firma Schomisch GmbH mit der Firma LIVOS-Pflanzenchemie eine Zusammenarbeit eingegangen ist, über Langzeitkompostierungsverfahren entsorgt werden.

Aus pflanzenbaulicher Sicht ist der Anbau wegen der Mehrjährigkeit als vorteilhaft einzustufen, da in dieser Zeit die Bodenbearbeitung unterbleiben kann. In den gängigen Fruchtfolgen treten, außer beim relativ seltenen Anbau von Buchweizen, keine Knöterichgewächse auf, so dass auch phytosanitäre Wirkungen in artenarmen Fruchtfolgen zu erwarten sind.

Ökologische Belastungen entstehen bei der Ernte, da aufgrund der niedrigen Konzentration der Gerbstoffe große Mengen abgefahren und verarbeitet werden müssen. Bei fachgerechtem Vorgehen, das heißt bei gutem Bodenzustand und entsprechend schonendem Reifendruck und zweckmäßiger Bereifung lassen sich Bodenverdichtungen jedoch in Grenzen halten.

Zur Ökonomie der Gerbstoffprodukte sind keine verlässlichen Angaben verfügbar zu folgenden Arbeitsschritten:

Rhizomvermehrung,
Pflanzverfahren und Anlagekosten,
Pflegeaufwand und -kosten,
Ernteverfahren,
Ernteerträge,
Kosten der Ernte,
Aufbereitung der Wurzeln.

Extraktionsverfahren und -kosten: Stand 12/2000: ca. 15 Euro/kg Gerbstoff

Verwertung und Märkte

Die Rhabarbergerbstoffe liegen in relativ niedriger Konzentration vor und müssen in einem relativ aufwändigen Verfahren mit einem Isopropanol/Wasser-Gemisch aus den Wurzeln extrahiert werden. Die NIG GmbH in Magdeburg hat als Partner eines Rhabarberverbundprojektes das Verfahren zur Extraktion entwickelt. Gerb- und Farbextrakte mit bis zu 50 % Reingerbstoffgehalt können so gewonnen werden. Mit ihnen lassen sich in neu entwickelten Verfahren qualitativ hochwertige Leder herstellen, die in den meisten Bereichen chromgegerbte Leder ersetzen können.

In Kombination mit der Verwendung von Glutardialdehyd und anschließender Nachgerbung mit Rhabarbergerbstoff lassen sich Leder erzielen, die nicht mit den Schwermetallrückständen der chromhaltigen Gerbstoffe (Chrom III-Salze) belastet sind. Durch chromhaltiges Leder entstehen jährlich riesige Mengen umwelttoxischer Abfälle, deren Verbrennung oder Deponierung zusehends Probleme bereitet. Bei der Verbrennung können die als sehr toxisch eingestuft Chrom VI-Verbindungen entstehen. Allein in Deutschland fallen pro Jahr etwa 140-170.000 t feste chromhaltige Abfälle und 34.000 t chromhaltige Klärschlämme mit (35 % TM) an. Auch die zunehmend importierten Leder sind mit dieser Hypothek belastet, die im Ausland oft noch schwerer wiegt, weil dort die mittlerweile hohen Umweltstandards der heimischen Gerbereien nicht eingehalten werden können.

Der Markt für pflanzengegerbte Leder wächst. Pflanzliche Gerbstoffe werden bei 90 % der Leder schon zur Nachgerbung chromgarer Leder eingesetzt. Moderne chromfreie Gerbverfahren sind meist Mischverfahren, bei denen mit sogenannten Sintanen (synthetischen Gerbstoffen wie etwa Glutaraldehyd) vorgegerbt und dann mit pflanzlichen Gerbstoffen wie dem Rhabarberextrakt oder Mimosaextrakten nachgerbergt wird. Theoretisch besteht das Potenzial mit etwa 12.000 ha die gesamte Ledergerbung auf chromfreie Verfahren

umzustellen. Die aktuell angewandten vegetabilen Gerbverfahren basieren auf Pflanzenextrakten von Rinden, Blättern und Früchten, die von weit her gebracht werden müssen. Die Gerbstoffe des heimisch produzierten Rhabarber könnten diese zu großen Teilen ersetzen und vorzugsweise bei gelblichen und braunen Naturtönen volle Verwendung in der Nachgerbung und Färbung von Ledern finden. Die entstehenden hell- und weichgerbenden Leder weisen eine gute Benetzbarkeit und eine relativ hohe Lichtechtheit auf. Nach Auskunft der Audi AG schrumpfen vegetabil mit Rhabarberextrakt gegerbte Leder bei großer Hitzebelastung nur um 2-7 %, während es bei Chromleder 15 % sind. Sie eignen sich daher besser für Anwendungen, bei denen hohe Temperaturen auftreten, wie etwa bei Bezügen für das Armaturenbrett von PKWs.

Nach ersten Erfahrungen mit dem Anbau an der FHA Anhalt in Bernburg lassen sich auf einem Hektar nach drei bis vier Jahren bis zu 100 t Wurzelmasse ernten (ca. 10 kg/m²). Der Ertrag reicht für die Gerbung von 4.000 qm Leder oder etwa 10.000 Schuhe. Nach vorläufigen Schätzungen des realen Marktpotenzials ließen sich mit einer jährlichen Erntefläche von 1.800 ha Rheimwurzeln (=5.400 ha im dreijährigen Umtrieb) 15 % der Chromgerbstoffe ersetzen. Das tatsächliche Marktpotenzial wird von SCHELLENBERG et al. (1999) kurz- bis mittelfristig jedoch lediglich auf etwa 200-300 ha geschätzt.

Neben dem Einsatz in der Gerberei kann Rhabarberwurzel auch als Farbstoff in der Lederindustrie, in der Textilfärbung und Kosmetikbranche (Haartönungsmittel) eingesetzt werden.

Weitere Vorteile:

In Kombination mit pflanzlichen Farbstoffen lassen sich neben den Braun- und Gelbtönen auch schwarz und blau gefärbte Leder mit einer Lichtechtheit von 3-5 herstellen (nähere Erläuterungen hierzu finden sich im Informationssystem zu nachwachsenden Rohstoffen www.inaro.de).

Hemmnisse auf dem Weg zur Realisierung der kurz- bis mittelfristigen Potenziale sind:

- pflanzenbauliche Verfahren und Produktionsmöglichkeiten zur Bereitstellung qualitativ hochwertiger, homogener Rohwaremassen existieren noch nicht;
- Bereitstellung von ausreichendem und homogenem Pflanzmaterial (ca. 7.000Pfl./ha) braucht Zeit. Die Vorlaufzeit von drei bis vier Jahren von der Pflanzung bis zur ersten Ernte (bei fehlenden alternativen Märkten) kompliziert den Markteinstieg;
- einfache, kostengünstiges Gerbstoffherstellungsverfahren (mit Vermahlung, Trocknung, Extraktion) für die großtechnische Aufarbeitung für eine Massenproduktion existieren noch nicht. Die gewonnenen Gerbstoffe sind deshalb noch relativ teuer;
- Die Gerbstoffe aus Rhabarberwurzel sind wegen relativ geringer Konzentration in den Wurzeln und der aufwendigen Extraktion mit etwa 15 Euro/kg gegenüber importierten vegetabilen Gerbstoffen sehr teuer, was den Einsatz von Rhabarbergerbstoff auch in Zukunft begrenzen wird. Äquivalente Gerbstoffe, etwa aus Früchten der Valonea Eiche kosten 1,10 Euro/kg und das schon nach einfachem Vermahlen der Schoten einsatzfähige Pulver des Tara Strauches (*Caesalpinia spinosa*) kostet etwa 1,25 Euro/kg und kann ebenfalls auf nachhaltige Weise gewonnen werden. Auf ein paar Schuhe umgerechnet entstehen durch die Verwendung von Rhabarberextrakten Mehrkosten von 2,50-4 Euro;
- ausreichend weiche, pflanzengegerbte Leder lassen sich bisher nur bei Vorbehandlung mit Glutaraldehyd erzielen. Der chemische Hilfsstoff ist allerdings später nicht im Leder nachweisbar und es kann deshalb auch problemlos entsorgt werden.

Ungenutzte Potenziale:

Kaum züchterische Bearbeitung; bisher keine Elitezuchtlinien mit wertgebenden Inhaltsstoffen selektiert;

- komplementäre Nutzungsformen der Wurzel und Synergieeffekte mit möglichen anderen Anwendungsfeldern sind noch nicht entwickelt.

Die Wurzeln enthalten auch Farbstoffe, die außer bei Leder, auch schon bei Textilien und in der Kosmetik (z.B. als Haarfärbemittel) Anwendung finden.

Zur Situation der Gerbereien in Deutschland:

Begünstigt durch Konflikte zwischen stark umweltbelastenden Gerbverfahren, hohen Umweltstandards und der Verlagerung vieler Verarbeitungsbetriebe für Massenware in das kostengünstigere Ausland gibt es heute nur noch 30-40 Gerbereien in Deutschland. Zu etwa 60 % sind sie mit der Herstellung von Polsterledern, vor allem für die Autoindustrie beschäftigt; zu etwa 30 Prozent mit Schuhsohlenleder und zu 10 Prozent mit anderen Ledern für Taschen, Bekleidung etc.. Gemäß FAZ (zit. nach Lederinstitut, Gerberschule Reutlingen) von 1997 handelt es sich dabei fast durchweg um spezialisierte Gerbereien, die sehr individuell strukturiert und auf Qualitätssegmente am Markt ausgerichtet sind. Für Baden-Württemberg bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang die Tatsache, dass die besten Häute am Markt von süddeutschen Fleckviehrassen stammen und die Gerbereiindustrie im Bundesvergleich noch eine starke Position hat.

Andere Pflanzen mit Gerbstoffen**Einheimische Vertreter:**

Pflanzen aus der Familie der Knöterichgewächse der Gattungen Rumex (Ampfer) mit Wurzelgerbstoffen und Reynoutria (Staudenknöterich) mit Gerbstoffen in Blättern.

Exotische Gerbstoffquellen:

Quebrachoextrakt (16-25 % Gerbstoffgehalt);

Mimosarindenextrakte (35-39 % Gerbstoffe in der Rinde) mit jeweils über 100.000 t Gerbstoffproduktion/Jahr;

Früchte (Schoten) des Tarabaumes aus Peru (*Cesalpinia spinosa*);

Eicheln der türkischen Valonea Eiche (*Quercus* spp.) und verschiedene andere Baumarten aus den Familien der Caesalpinaceae und Combataceae;

Mimosa (z.B. *Akazia mearnsii* De Wild.) oder "Black wattle" wächst auf afrikanischen und südamerikanischen Plantagen. Die Bäume werden nach sieben bis neun Jahren als ganze Bäume geerntet.

Problematischer ist die Gewinnung des Gerbstoffs Quebracho, da die Bäume (*Schinopsis balansae* Engl. und *S. quebracho-colorado* Wild.) in Südamerika wachsen und die Gefahr der Übernutzung besteht. Beim Tarabaum und der Valonea Eiche werden nur die Früchte verwendet und die Pflanzen geschont und nachhaltig genutzt.

Forschung, Produktion, Verarbeitung und Vertrieb**Technisches Potenzial:**

Grundsätzlich haben Rhabarbergerbstoffe in Verbindung mit synthetischen Gerbstoffen wie beispielsweise Glutaraldehyd das Potenzial, die Chromgerbstoffe in fast allen Bereichen zu ersetzen. Die Ausschöpfung dieses Potenzials erfordert wegen der Qualitätseigenschaften und

der noch lückenhaften Kenntnisse zu diesbezüglichen Verfahren noch erhebliche Anstrengungen. Mittelfristig wird deshalb mit einem **Substitutionspotenzial von Chromgerbstoffen von etwa 15 % gerechnet, was einer Anbaufläche von etwa 5.400 ha entspräche.**

Marktpotenzial:

Die Voraussetzungen für einen großflächigen Anbau mit qualitativ hochwertigem Material sind gegenwärtig noch nicht gegeben. Bei den höheren Kosten der Rhabarbergerbstoffe - vor allem auch gegenüber anderen vegetabilen Konkurrenten - ist ein großflächiger Anbau mit vier Jahren Vorlaufzeit mit vielen Risiken behaftet. Das **real existierende Marktpotenzial verringert sich deshalb auf wenige 200-300 ha zur Bedienung hochpreisiger Liebhaber- und Qualitätsmärkte.** Es muss ferner angenommen werden, dass bei noch gegebenen Preisnachteilen von mehreren 100 % die wachsenden Märkte von vegetabil gegerbten Ledern nur zu einem geringen Anteil dem Rhabarber zugute kommen werden. Insgesamt ergibt sich dadurch - es sei denn es werden noch wesentlich kostengünstigere Extraktionsverfahren entwickelt oder spezifische Vorteile der Rhabarbergerbung entdeckt - ein auch in Zukunft begrenztes Marktpotenzial.

Ökologische Einstufung:

Grundsätzlich ist der Anbau von Rhabarber **wegen des relativ geringen Aufwands** und der **lang anhaltenden Bodenruhe** und Bodenbedeckung als **relativ umweltfreundlich** einzustufen. Durch die Rohstoffverwertung lässt er sich auch auf kontaminierten Flächen realisieren. Begleitkräuter treten nicht auf, das heißt die **Bestände sind artenarm**, dafür aber in der Fläche begrenzt. Wo sie mit anderen Kulturen abwechseln, bieten die hohen, großen Blätter **Unterschlupf für Kleinwild**. Die **Ernteverfahren besitzen potenziell bodenschädigende Wirkung**, nach drei Jahren sind die Böden aber strukturell so stabil, dass dies bei Beachtung der geeigneten Bodenfeuchte relativ leicht zu vermeiden ist.

Fazit

Unter den gegebenen Rahmenbedingungen ist das **Potenzial von Rhabarber sowohl unter ökologischen als auch ökonomischen Gesichtspunkten begrenzt.** Die zu erwartende Nachfrage kann deshalb voraussichtlich relativ leicht von den schon bestehenden Anbietern in Sachsen-Anhalt bedient werden. Hier sind über öffentliche Forschungs- und Entwicklungsprogramme zudem schon die Verbundsysteme von der Produktion über die Aufarbeitung und zur Produktfertigstellung etabliert, so dass der **Aufbau einer konkurrierenden oder komplementären Kette in Baden-Württemberg zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht zu empfehlen** ist.

Adressen

Lederherstellung:

Schottisch Leder KG, Firma Wertleder Sachsen, FH-Bernburg, Sachsen Anhalt; Schomisch GmbH, Heinrich-Nicolaus-Strasse 31, D-87480 Weitnau / Seltmans Tel.: +49-(0)8375-9219-0, E-Mail: info@schomisch.de; Schmidt-Gruppe / Österreich stellt ebenfalls chromfreie Leder für VW her

Wirkstoffextraktion:

NIG GmbH in Magdeburg (Extraktion)

Forschung:

Forschungsinstitut für Leder- und Kunstledertechnologie GmbH FILK; Dr. Oertel Postfach 1144; D-09581 Freiberg Telefon: +49 (0)3731 366 125 Telefax: +49 (0)3731 366 130 ; Lederinstitut, Gerberschule Reutlingen; Tel.: 07121-16230; Schulleiter: Heinz Peter Germann

Verband:

Verband der Deutschen Lederindustrie, Frankfurt; Tel.: 069/ 97843141 AP. Herr Schroer

Quellenangaben:

Schellenberg et al.(1999), AUDI AG (Januar 2000), www.botanik.uni-wuerzburg.de, Schrot und Korn I/98, Rehm und Espig (1984), FAZ Nr. 201/S.15 vom 30.08.97; Flur und Furche 163/S.14;

Förderangaben:

Das Vorhaben wurde im Rahmen des Förderprojektes "Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung" (BW-PLUS) am Forschungszentrum Karlsruhe mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert. (Zuwendungsnummer: BWA 20002)

ROHRKOLBEN (*TYPHA SPP.*)

Name und Botanik

Rohrkolben

Gattung: *Typha* spp.
 engl. Bezeichnung: Cattail oder Cat's tail

Synonyme : Moosrohr,
 Arten : *Typha latifolia* L. ; *T. angustifolia*



Quelle: www.britannica.com

Wuchstyp

Rhizombildendes Gras, bei uns meist um 2 m (bei guter Wasserversorgung bis zu drei Meter Höhe möglich).

Standort

Rohrkolben als typisches Gewächs der Feuchtwiesen und Niedermoore. Optimale Wachstumsraten werden bei Pflanzen in 30 (-50) cm tiefem Wasser erzielt. Bei Anbau mit steigendem Grundwasserspiegel ergeben sich beträchtliche Ertragszunahmen mit Höhe des Grundwasserstandes bis hin zur Überflutung.

Anbau

Standard ist (noch) die vegetative Vermehrung, das heißt das Auspflanzen von Jungpflanzen. Auspflanzen mit Gemüsepflanzmaschinen ist möglich.

Bei Auspflanzen von 3Pfl./m² und folgender Überflutung des Niedermoors (Wasserregulierung sollte möglich sein) bilden sich nach einem Vegetationszyklus über Rhizome 47-70 Sprosse/m², was schon nahe bei natürlichen Bestandesdichten liegt und ab dem zweiten Jahr befriedigende Erträge erwarten lässt. Zu den Kosten der Bestandesbegründung laufen Untersuchungen, die im Endbericht des BFU-Projektes veröffentlicht werden sollen.

Eine Aussaat ist möglich, aber es liegen noch wenig Erfahrungen vor. Optimaler Saatzeitpunkt nach Weihenstephaner Untersuchungen ist Juni/Juli bei wechselnden Tag/Nacht Temperaturen von 10°C/25°C mit Keimraten von 21 % (*T. angustifolia*) bis 91 % (*T. latifolia*). Die Möglichkeit der Bestandesetablierung über die wesentlich kostengünstigere Aussaat scheint nach diesen Untersuchungen für die Zukunft gegeben.

Düngung und Pflanzenschutz sind nicht nötig, relativ nährstoffreiches Oberflächenwasser bzw. nährstoffreiche Oberböden führen aber zu deutlichen Ertragszunahmen.

Ernte

Die Ernte erfolgt mit Balkenmäherwerk nach Trockenlegung der Flächen und/oder nach Frost. Die Trockenmasseerträge im ersten Jahr liegen oft nur um 20-50 dt/ha und die Bestände sind oftmals noch niedrig im Wuchs, was ihre Verwertung einschränkt. Bei Wasserüberstauung der Flächen sind nach Münzer (1998) Erträge um 150-200 dt_{TM}/ha möglich, wobei der „Spadix“ bzw. Kolbenanteil gegenüber dem Blatt und Stängelanteil etwa 25 % des Gewichtes ausmacht. Nach Auskünften von Theuerkorn, (mündl. Mitt.) kann für Rohrkolben etwa ein Preis von 0,10 €/kg bezahlt werden, was bei einem verwertbaren Blattertrag von etwa 100 dt/ha einem Rohertrag von 1.000 €/ha entspräche.

Verwertung

Typha spp. bietet nach Auskunft von Wild (TU- München-Weihenstephan) gute Möglichkeiten zum Einsatz im Dämmstoffbereich.

Die oberirdische Blatt- und Stängelbiomasse von Rohrkolben besteht zu ca. 85 % des Volumens aus einem grobporigen, schwammigen Durchlüftungsgewebe, dem Aerenchym. Dieses Material kann als leichtes (30 kg/m³), gutes Isoliermaterial Anwendung finden, beispielsweise als Einblasdämmstoff (Lambda: 0,032; kleiner als Polystyrol mit 0,04). Vorteilhaft an diesem Material ist, dass gegenüber anderen gängigen Einblasdämmstoffen für diesen Zweck nur eine sehr geringe Staubbildung auftritt. Als einfaches Produkt lassen sich aus den Blättern mit Drahtnähmaschinen Dämmplatten herstellen. Nach Zerkleinerung und mit Zugabe von Bindemitteln läßt sich die Pflanze auch zu Plattenwerkstoffen verarbeiten.

Druckbelastbare Typha-Sandwichplatten mit technisch guten Eigenschaften entstehen durch Längs- und Querverleimung (mit z. B. mit Latexkleber) von Blatt- und Stängelabschnitten mit Zusätzen in den Deckschichten. In der mittleren Kernschicht sind die Stängel- bzw. Blattachsen senkrecht zur Plattenebene ausgerichtet und wenig komprimiert, wodurch sie hohen Drücken standhalten kann und eine gute Schall- und Wärmeisolationswirkung erzielt wird.

Einsatzbereiche der Dämmplatten: Wand-, Boden- und Deckenkonstruktionen mit hohen Ansprüchen an Biege-, Verwindungs- und Druckfestigkeit bei gleichzeitigem Schall- und Wärmeschutz.

Marktsituation/Wettbewerbsfähigkeit: Solcherlei Platten sind einer Schweizer Studie zufolge nach heutigem Sachstand von den technischen Anforderungen her markttauglich, aber preislich nicht konkurrenzfähig (Schönborn 1997). Die Markteinführung von „neuen“ Dämmplatten aus nachwachsenden Rohstoffen wird nach Insiderauskünften auch dadurch erschwert, dass namhafte Baustoffhersteller ihre zum Teil erheblichen Investitionen im Bereich der Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen - bei nur schleppender Marktentwicklung in diesem Segment - zunächst einmal schützen möchten. Sie wirken deshalb oft auf Zulieferer ein, sich nicht in Projekten mit neuen Konkurrenzprodukten zu

engagieren. Mit Korbwaren und geflochtenen bzw. gebundenen Matten werden nur kleine Nischenmärkte erreicht.

Weitere Verwendungsmöglichkeiten/Nebennutzung von Kuppelprodukten:

Die **Samenschirmchen der Kolben**, die immerhin 20-25 % der Trockenmasse ausmachen, können als Zusatz zu Lehmputzen verwendet werden; deren konstruktive Eigenschaften können dadurch erheblich verbessert werden. Magere Lehmputz-Mischungen mit geringen Tonanteilen erhalten durch die Beimischung der Samenschirme trotzdem eine sehr hohe Bündigkeit.

Ein weiteres Einsatzfeld der Samenschirmchen ist die Verwendung als Zusatz zu Keramikstoffen.

Sonstige Informationen zu Rohrkolben:

- Versuchspflanzungen der TU-München westlich von Neuenburg im Donaumoos auf 0,5 ha seit 1994.
- Erste große Pflanzung von 8 ha ebenfalls im Donaumoos wurde im Winter 1999/2000 erstmals geerntet. Versuchsergebnisse sollen zum Projektende veröffentlicht werden.
- In Ökosystemen Nordamerikas werden die Rohrkolben oft als Unkraut angesehen und mittels Feuer und anschließendem Überfluten am effektivsten bekämpft.

Interessante Gesichtspunkte zum Anbau von Rohrkolben als nachwachsender Rohstoff bei Betrachtung unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten:

1. Potenzial zur Nutzung von Feuchtgebieten und Niedermooren, ohne diese grundlegend in ihrem Charakter und in ökologischer Funktion zu verändern, bzw. geeignet, diese wieder in naturnahe, wirtschaftlich nutzbare landwirtschaftliche Flächen rückzuführen. Eventuell auch Nutzung bei neu geschaffenen Wasserretentionsflächen.
2. Dauerkultur ohne Bodenbearbeitung und damit für die Nutzung von Mooren geeignet.
3. Hohe Biomasseproduktion unter gemäßigten Klimabedingungen bei relativ nährstoffreichen Gewässern möglich (150-200 dt_{TM}/ha nach Münzer 1998).
4. Kultur mit Potenzial zur Filterung und Sanierung eutropher Oberflächengewässer als Helophytenfilter (Sumpfpflanzenfilter), aber insgesamt weniger effektiv als Schilffilter (*Phragmites spp.*), weil diese mehr Biomasseaufwuchs bringen. Letztere erreichen eine Leistung von 2 µg P_{ges}/l (2,8 g P/m²*Jahr oder etwa 50 kg P₂O₅/ha *Jahr) bei einem Durchsatz von 11 m³ pro Jahr (n. Goedeking 1999; Forschungszentrum Jülich kann dies bis über 120 Jahre funktionieren).
5. Nur bei Durchflutung der Bestände ohne gleichzeitige Nutzung der Flächen als Senken war die Reinigungswirkung bei Einleitung von belasteten Gewässern aus landwirtschaftlichen Vorflutern im untersuchten Verfahren noch zu gering. Dies gilt vor allem für die Belastungen mit organisch gebundenen Stickstofffrachten. Die potenziell vorhandenen Kapazität zur Gewässerreinigung für gelöste Nährstoffe beträgt nach vorläufigen Ergebnissen der TU-München bei durchgeleiteten Gewässern

aus landwirtschaftlichen Vorflutern für Nitrat ca. 22-66 %, bei Ammonium waren es 59-74 % und bei Phosphaten 50-85 % Reinigungseffekt.

6. Als Pflanzung entlang von Seen, die mäßig eutrophes Hangzugwasser aufnehmen, um dieses von Nährstoffen zu „reinigen“, wobei *Typha ssp.* auch besondere Toleranz gegenüber hohen Kupfer- und Nickelkonzentrationen aufweist (Artikel: Nature Conservancy Element Stewardship Abstract).
7. Rohrkolben kommt ohne Pflanzenschutz und (noch?) ohne Düngung aus. (BLW 28, 12.7.1997), in Nord-Amerika werden aber zahlreiche Raupen, Motten (Stängelbohrer etc.) und ein Käfer als natürliche Begleiter der Bestände genannt. Ratten haben in den USA Rhizome sehr stark dezimiert und können Bestände wirtschaftlich stark gefährden.
8. Vorteilhaft ist die breite genetische Basis des weltweit vorkommenden Rohrkolben.

Zusammenfassende Beurteilung

Die Rohrkolben bieten theoretisch die Möglichkeit, auch Niedermoorstandorte mit periodischen Überschwemmungen und hoch anstehendem Grundwasser nachhaltig zu nutzen. Durch deren Ernte bzw. den periodischen Entzug von Nährstoffen, insbesondere von Phosphat, läßt sich Rohrkolben bedingt auch als biologisches Agens zur Sanierung von eutrophen Oberflächengewässern einsetzen. Falls Bedingungen vorliegen, bei denen diese Eigenschaften gezielt genutzt werden sollen und der Rohrkolben als Nebenprodukt anfällt, kann sein Anbau trotz relativ hoher Kosten verglichen mit anderen Kulturen eventuell sinnvoll sein. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn mit einer Nutzung auch noch andere Naturschutzziele wie etwa Artenschutz und Renaturierungsmaßnahmen, verbunden sind.

Anbaumöglichkeiten bestehen eventuell auch dort, wo Niedermoorstandorte wieder vom konventionellen Ackerbau in nachhaltige Nutzungsformen überführt werden sollen, die keinen weiteren Humusschwund mehr zur Folge haben (Nitratproblematik, Grundwasserschutz). Der Anbau in Wasserretentionsgebieten und Überflutungspoldern kommt als dritte Anbauoption hinzu und deckt sich teilweise mit den zuvor genannten. Wird Rohrkolben in solchen Systemen verwendet, so bleibt zu bedenken, dass

1. Schilf den höheren Reinigungs- und Biomasse-Effekt bringt;
2. bei der Beurteilung der ökologischen Klimabilanz müssen neben der Bewertung als CO₂-Senke auch die anderen klimarelevanten Gase beachtet werden. (Nach vorläufigen Untersuchungen der TU München konnten gegenüber den Referenzflächen die Lachgasemissionen von 3,6 kg/ha auf -0,2 bis 0,6 kg reduziert werden, während die Methangasemissionen von -0,2 C/ha, auf 4,8 bis 34,9 kg/ha anstiegen);
3. Mark mit ähnlichen Isolationseigenschaften wie die des Rohrkolbens fällt auch beim Anbau von Sonnenblumen als Nebenprodukt an. Durch die gegebene volle Mechanisierung bei dieser Kultur lassen sich aus diesem Mark ähnliche Stoffe eventuell zu günstigeren Preisen herstellen;
4. für die Nutzung von Feuchtbiotopen gilt, dass es sich auch beim Anbau von Rohrkolben meist um ökologisch sensible Gebiete handelt und eine Anbauoptimierung (nötige Regulierbarkeit des Grund- bzw. Wasserstandes zum Beispiel) nicht immer

möglich sein wird, da sie noch andere, oftmals höher bewertete naturräumliche Funktionen erfüllen.

5. die Anbaugelände bis auf wenige Ausnahmen (etwa im Donauried mit 10.000 ha) immer nur kleinräumlich und in sehr heterogener Struktur anzutreffen sind, was eine einheitliche Bewertung der Anbauwürdigkeit schwer macht (Mechanisierung, Erfassungskosten, Transportaufwand zu Verarbeitern etc.). Es stellt auch ein Hindernis für die Belieferung von - notwendigerweise nahe gelegenen - Verarbeitungsbetrieben mit gleichbleibenden Qualitäten dar.

Rohrkolben als Option bei der Wiederherstellung von naturnahen Retentions- und Überflutungsflächen: Die Nutzung von Rohrkolbenbeständen bietet sich dort an, wo in Baden-Württemberg aus Gründen des Hochwasserschutzes, des Naturschutzes und der Gewässerpflege Retentionsflächen wieder eingerichtet werden und wo gesteuerte Rückhalteräume entstehen sollen. Auf solchen Flächen können auch Überflutungen der Flächen eingesetzt werden, um auenähnliche Biotope entstehen zu lassen. Die Flächen befinden sich vor allem am Oberrhein und entlang der Donau (Integriertes Donauprogramm, IDP). Hier könnte der Anbau von Rohrkolben bei gleichzeitigem Erhalt der naturnahen Vegetation einen wirtschaftlichen Nutzen bringen. Landschaftspflegerischer, ökologischer Nutzen und wirtschaftlicher Nutzen könnten sich dadurch ergänzen. Gleichzeitig könnten zusammenhängende Anbaugelände, wie sie für Erfassung und Weiterverarbeitung nötig sind, geschaffen werden.

In Gebieten, in denen solche Bestände unter primär ökologischen Gesichtspunkten (Stichwort: Habitatvernetzung) angelegt werden sollen und nur kleinräumlich auftreten, ist die wirtschaftlich, industrielle Nutzung aufgrund geringer Mengen bzw. wegen hoher Transportaufwendungen wenig aussichtsreich.

Aus den genannten Gründen wird Rohrkolben (*Typha spp.*) zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht als potenzieller Rohstofflieferant für den Dämmstoffbereich oder den Bereich druckbelastbare Dämmplatten für Baden-Württemberg empfohlen.

Die weitere Entwicklung sollte jedoch beobachtet werden. Die Ergebnisse des bis Mitte 2001 verlängerten DBU Projektes aus Bayern sollten zu einem späteren Zeitpunkt ausgewertet werden und können in dieser Hinsicht aufschlussreiche Informationen für das weitere Vorgehen bei dieser Rohstoffpflanze liefern .

Firmen und Adressen:

INNO DÄMM GmbH

Ansprechpartner: Herr Arnold Drewer, Herr Frank Rausch

Mönchebreite 18

33102 Paderborn

info@innodaemm.de <http://www.innodaemm.de>

Tel.: 05251-871 470

Herrn
 Dipl.-Ing. Werner Theuerkorn
 Firma Typha Technik (Patentantrag Dämmplatten etc)
 84389 Postmünster
 Tel.: 08561-6696

W. Münzer (Anbau und Produktion)
 Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau
 Vöttinger Str. 38
 D 85 354 Freising-Weihenstephan
 E-mail: muenzer@weihenstephan.de

Dr. Ulrich Wild
 TU München , Lehrstuhl für Vegetationsökologie,
 Am Hochanger 6
 D-85350 Freising-Weihenstephan
 E-mail: wild@weihenstephan.de
 Tel.: 08161 / 713715

Forschungsprojekt der Deutschen Stiftung Umwelt
 An der Bornau 2, 49090 Osnabrück
 Tel.: 0541/9633-0

Titel: Rohrkolbenanbau in Niedermooren - Integration von Rohstoffgewinnung,
 Wasserreinigung und Moorschutz zu einem nachhaltigen Nutzungskonzept.
 Laufzeit 1/98 bis 12/2000, AZ 10628, Referat 32/2

Wasserretentionsgebiete bzw. Schilfpolder/Naturschutz
 Frau Barth, Landkreis Vechta ,
 Amt für Planung , Natur und Umwelt
 Postfach 1353, 49375 Vechta
 Tel. 04441/898-2322

Spezielle Literaturquellen, die nicht im allgemeinen Literaturverzeichnis aufgenommen sind :

- Englert, G. u. V. Batschkus, A. Ringleb und H. Schön 1998. Verfahrenstechnische Möglichkeiten sowie ökonomische und energetische Bewertung der Herstellung von Wärmedämmstoffen aus pflanzlichen Rohstoffen: Beispiel Flachs und Rohrkolben. Agrartechnische Forschung 4/1: 56-63.
- Batschkus V., Englert G. und H. Schön 1998. Wärmedämmstoff aus Rohrkolben - Wärmeleitfähigkeit, ökonomische und energetische Bewertung. Landtechnik 53/1: 14-15.
- W. Münzer, 1998. Der Anbau von Rohrkolben (*Typha latifolia*, L.) - eine Kulturmit hohem ökologischem und wirtschaftlichem Potential. (engl. Fassung). In: Proceedings of the 10th European Conference " Biomass for Energy and Industry", Würzburg / Germany, 08-11 June 1998, pp. 395 - 398.

Internetadressen:

<http://www.typha.net>

<http://www.innodaemm.de>

Bearbeitung: BWplus Projekt (AZ: 8402.50-1), K. Müller Sämman
Stand: 3/2002

Förderangaben:

Das Vorhaben wurde im Rahmen des Förderprojektes "Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung" (BW-PLUS) am Forschungszentrum Karlsruhe mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert. (Zuwendungsnummer: BWA 20002)

EUPHORBIA LAGASCAE SPRENG.

Die aus dem Mittelmeergebiet stammende, zur Familie der Wolfsmilchgewächse (*Euphorbiaceae*) gehörende Pflanze ist eine sehr interessante, neue Ölpflanze, die ins Forschungsprogramm der EU aufgenommen ist und eine C:18 Epoxy-Fettsäure (Vernolsäure) liefert (engl. vernolic acid).

Die **Erträge** von *E. lagascae* liegen typischerweise bei 1-1,3 t/ha. Die Samen haben einen hohen Ölgehalt von etwa 48-52 %, wovon wiederum 58-67 % Vernolsäure sind.

Züchterische Arbeiten wurden ab Mitte der siebziger Jahre am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Göttingen durchgeführt, in deren Rahmen auch Sammlungen von Ökotypen der Pflanze in Spanien erfolgten; diese ruhen aber derzeit (Ansprechpartner Dr. Heiko Becker).

Ein großes Problem stellt noch das Platzen der Früchte vor der Ernte dar, wodurch hohe Ausfallverluste entstehen. Bei in Spanien durchgeführten Arbeiten konnte nach Mutationsauslösung eine platzfeste Mutante selektiert werden, so daß Aussicht auf Verbesserung des erntbaren Ertrags in absehbarer Zeit besteht. Frau Meier zu Beerentrup hat über die Pflanze in Göttingen promoviert und Ökotypen mit hoher Qualität selektiert (Vernolsäure). Auch verzweigte Ökotypen mit büschelförmigen Fruchtständen konnten selektiert werden. Es gibt eine in Deutschland zugelassene Sorte mit dem Namen „VERNOLA“ (bei der Züchterfirma W. von Borries-Eckendorf GmbH (Postfach 1151, 33814 Leopoldshöhe).

Bei **pflanzenbaulichen Versuchen** in Spanien brachte sie Erträge von 940 bis 1.340 kg/ha. Bei der Ansaat sind 40-90 Pfl./m² anzustreben, wobei mit einem Aufgang von 40-50 % gerechnet werden kann.

Klimaansprüche: Die Pflanze ist nach den Göttinger Untersuchungen sehr wärmebedürftig und konnte in Göttingen nur in guten, sonnigen Sommern befriedigende Erträge erbringen, das heißt, sie ist in Deutschland auf einem Grenzstandort und vermutlich auch im Südwesten nicht ertragsstabil.

Opt. Keimtemperatur: ab 10 °C

Wuchs ab 18-22 °C

Im nördlichen Europa nur als Sommersaat, da Frosthärte fehlt.

Bei Versuchen in Spanien und Portugal ist auch Herbstsaat üblich, bewässerte Frühjahrssaaten haben aber auch dort besser abgeschnitten.

Die **Düngung** kann mit etwa 50 kg/ha gering angesetzt werden (Lager möglich).

E. lagascae reagiert schon relativ empfindlich bei mittlerer Verunkrautung.

Bei der **Beikrautregulierung** konnten die Herbizide Trifluralin, Chlorpropham, Linuron, Metazachlor als wirksame und verträgliche Voraufbauherbizide eingesetzt werden. Nachaufbauherbizide schnitten weniger gut ab, Benazolin konnte noch befriedigen. In Deutschland ist derzeit kein Mittel zugelassen. Auf die Möglichkeit einer Zulassung im Rahmen der Lückenindikation wird hingewiesen.

Krankheiten: Als phytosanitäres Problem ist bisher nur der in Spanien aufgetretene Rost *Melampsora euphorbiae* bekannt.

Ernte: Mähdrusch ist möglich.

Verarbeitung:

Durch mechanisches Schälen und Extraktion mit Hexan kann mehr als 99 % des Öls aus den Samen extrahiert werden. In geschlossenen Systemen treten dann auch keine Probleme mit den toxischen Di-Terpenestern auf, im anderen Fall können oder müssen diese vorher durch thermische Vorbehandlung (z. B. mit Dampf) zerstört werden. Standardmethoden können zur Raffinierung der Öle dienen. Versuche mit geschlossenen Wasser/Alkohol-Extraktionsverfahren wie dem Friolex-Verfahren (Dr. Frische), sollen angestellt werden. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Öl dieser Pflanze relativ leicht gewonnen werden kann.

Nach S. von Witzke-Ehrenbrecht (2000) existiert(e) in Frankreich eine kleine Extraktionsanlage zur Verarbeitung. Ein großes Hindernis für den Anbau und die Weiterverarbeitung von *E. lagascae* stellen aber noch die im Latex der Pflanze enthaltenen **Di-Terpenester** (DTE) dar, die zu Hautirritationen führen und die bei der Ernte auch zu Reizungen und Reaktionen der Atemorgane führen können. Vor einer Nutzung im größeren Umfang müssten diese Stoffe noch herausgezüchtet werden (geeignete Schnelltests fehlen noch) bzw. es müssen Verfahren entwickelt werden, die den Erntenden und Personen bei der Verarbeitung über geschlossenen Systeme schützen! Erfolgversprechend verliefen Versuche im Rahmen der EU Projekte SONCA und VOSFA, die Saat vor der Verarbeitung mit Dampf vorzubehandeln (Di-Terpene sind nicht hochtemperaturresistent).

Verwendung:

Vernolsäure ist interessant als Trocknungsmittel in Alkydharzen, wo sie dazu beitragen können, die umweltbelastenden, „flüchtigen organischen Verbindungen“ (volatile organic compounds - VOCs) zu vermindern, deren Reduktion in den USA schon länger im Rahmen der Novellierung des „clean air act“ diskutiert wird.

Weitere Anwendungsmöglichkeiten bestehen bei der Polyurethanherstellung, bei einem eventuellen Ersatz epoxidierten Sojaöls und im Schmiermittelbereich (Herstellung von Hydroxystearinsäure durch chemische Modifizierung oder auch mit der direkten Verwendung).

Die Presskuchennutzung ist noch zu klären (Di-Terpenester!).

Konkurrenz könnte *Euphorbia lacascae* als Vernolsäure liefernde Pflanze durch ein distelartiges Gewächs aus Ostafrika erwachsen, das noch höhere Gehalte des Vernolöls aufweist und zu der an der Universität in Göttingen ebenfalls geforscht wird.

Wirtschaftlichkeit:

Um wirtschaftlich zu sein, müsste bei gegebenen Erträgen ein Preis von etwa 263 €/t Saat erzielt werden (0,46 €/kg Basisöl). Verglichen mit Sonnenblume als Hauptkonkurrent ist E. l. damit gegenwärtig nicht konkurrenzfähig. Dazu kommt noch das in der Regel höhere Kostenniveau bei der Verarbeitung neuer Ölfrüchte, was die Rentabilität auch bei höherer

Wertschöpfung erschwert. Verarbeitungskapazitäten mit Pilotcharakter und Kapazitäten von 0,5 bis 10 t Öl stehen entweder nicht zur Verfügung oder ihr Betrieb ist sehr teuer.

Zusammenfassende Bewertung:

Was die Verarbeitung und die pflanzenbaulichen, und primären züchterischen Belange betrifft, so sind die noch bestehenden Hindernisse erkannt und Lösungen entweder bekannt oder absehbar. Die Zukunftsperspektiven hängen deshalb mehr vom Markt und der weiteren industriellen Verwendung ab. Mit am Markt etablierten Ölen wird die Vernolsäure von *E. lagascae* in Standardanwendungen in naher Zukunft aber voraussichtlich noch nicht konkurrieren können und hat nur eine Chance, wenn die einzigartigen, spezifischen funktionellen Eigenschaften von Vernolsäure, wie etwa die Epoxidierung, gezielt und kostensparend (z.B. in der Schmierstoff- oder Polymerchemie) genutzt werden können (werden im EU Bericht als aussichtsreichste Felder angesehen).

Identifizierte Aktionsfelder: Marktentwicklung, Zucht von neuen Wuchstypen, Beseitigung von DTE im Öl.

Adressen von potenziellen Ansprechpartnern aus EU Projekten unter dem Aktenzeichen.
Internet links:

http://dbs.cordis.lu/cordis-cgi/srchidadb?ACTION=D&SESSION=21222000-10-9&DOC=2&TBL=EN_PROJ&RCN=EP_RCN:17666&CALLER=DE_UNIFIEDSRCH

http://dbs.cordis.lu/cordis-cgi/srchidadb?ACTION=D&SESSION=21222000-10-9&DOC=4&TBL=EN_PROJ&RCN=EP_RCN:48274&CALLER=DE_UNIFIEDSRCH

Adresse (auch für Saatgut):

Frau Dr. Hanna Meier zu Beerentrup

Saatzucht W. v. Borries-Eckendorf

Hovedisser Str. 92

33818 Leopoldshöhe

Tel. 05208-912530

e-mail: wvb-hovedissen@t-online.de

Förderangaben:

Das Vorhaben wurde im Rahmen des Förderprojektes "Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung" (BW-PLUS) am Forschungszentrum Karlsruhe mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert. (Zuwendungsnummer: BWA 20002)

Nachtkerze

Name und Botanik

<p>Nachtkerze</p> <p><i>(Oenothera biennis)</i></p> <p>engl.: “evening primrose“</p> <p>frz.: „onagre“</p>	
---	--

Herkunft:

Die Nachtkerze wurde aus Nordamerika eingeschleppt und fand als Gartenpflanze neben der ornamentalen Verwendung (18. Jahrhundert) vorübergehend als Wurzelgemüse Beachtung.

Blüte:

Leuchtend gelbe Blüten, die sich in der Nacht öffnen und am nächsten Tag verwelken.

Boden und Lage:

Die Nachtkerze gedeiht auf leichten, humosen, nicht zu trockenen Böden in warmer, sonniger Lage.

Anbauhinweise allgemein

Die Pflanze kann als einjährige und als zweijährige Pflanze angebaut werden. Sie hat eine langsame Jugendentwicklung. Agronomisch ist die Kultur schon relativ gut handhabbar. Sie reagiert auf Herbizide in der Regel sehr empfindlich, weshalb vorwiegend mechanische Bekämpfungsmaßnahmen in der relativ verunkrautungsempfindlichen Kultur durchgeführt werden. Herbstsaat ist möglich, jedoch in Brandenburg mit relativ hohem Auswinterungsdruck verbunden. Sonst Aussaat im März /April, wobei Frühsommertrockenheit evtl. bei später Saat ein Problem darstellt.

Saat/Pflanzung:

- Saatgut: zur Zeit keine zugelassenen Sorten; Erfahrungen liegen mit der Herkunft aus Güterfelde vor;
- Saattermin: -einjährig: Frühjahr Mitte April bis Anfang Mai (so früh wie möglich)
- zweijährig: Sommer (Mitte Juli/Mitte August)
- Saatmenge: 4-6 kg/ha;
- Aussaat mit handelsüblichen, zur Aussaat von feinen Sämereien geeigneten Drillmaschinen - lichtkeimend!
- Aussaattiefe etwa 0,5-1,0 cm, Reihenabstand 30-40 cm (entsprechend der Pflagechnik). Das Saatbett sollte gut abgesetzt sein, ein leichtes Anwalzen der Saat ist möglich.
- Standardraumdichte von ca. 25-40 Pflanzen/qm

Pflege:

Nach dem Auflaufen der Saat sollte eine ein- bis zweimalige mechanische Unkrautbekämpfung (Hackbürste, Fingerhacke) durchgeführt werden. Eine weitere mechanische Pflege bei Sommeraussaat muss auf jeden Fall im Frühjahr erfolgen. Das Abflammen von Unkrautkeimlingen vor dem Auflaufen der Nachtkerze (max. 10 Tage nach Saat) oder zwischen den Reihen ist ebenfalls möglich. Auf Herbizide reagiert die Kultur sehr empfindlich. Eine Düngung darf im Vertragsanbau in der Regel nur nach den Anbauregeln des ökologischen Anbaus erfolgen.

Krankheiten:

- Blattfleckenkrankheit (*Septoria oenotherae* West)
- Falscher Mehltau (*Perenospora arthuri* Farl.)

Schädlinge:

- Nachtkerzenlaus (*Aphis oenotherae* OETL)
- Erdfloh (*Longitarsus tabidus* F.)
- Vogelfraß als möglicherweise künftig großes Problem, spielte eine große Rolle bei Ertragseinbußen

Ernte:

Der Mähdrusch wird angestrebt, wenn ca. 75 % der Kapseln sich braun verfärben. Schwaddrusch sollte nur in Beständen mit platzfesten Kapseln erfolgen. Unmittelbar nach der Ernte sind die Proben zu reinigen und bei Bedarf zu trocknen. Der Feuchtigkeitsgehalt sollte unter 9 % liegen. Heterogene Bestände mit reifen und grünen Kapseln sowie Blütenbesatz sollten erst nach einer Frostperiode geerntet werden.

Ertragserwartungen:

Im ökologischen Anbau ca. 4,6 dt/ha (Höchstserträge 12-16 dt/ha, integrierter Anbau)

Ökologie und Nachtkerze:

Bisher wird der Bedarf an Nachtkerzensamenöl in Deutschland fast ausschließlich über Import gedeckt. Die Entwicklung eines Anbauverfahrens, das kontrollierte landwirtschaftliche Nachtkerzenproduktion hierzulande gewährleistet, wird sehr begrüßt, da die Produktion der Importländer zum größten Teil als Sammeldroge auf den Markt kommt.

Verwertung und Märkte:

Erst vor einigen Jahrzehnten wurde die medizinische Bedeutung erkannt, die vor allem auf dem hohen Gehalt an Gamma-Linolensäure beruht (bis zu 10 % GLA im Ölgehalt der Samen von insgesamt etwa 25-27 %). Sie ist sowohl bei äußerlicher, kosmetischer als auch innerer Anwendung therapeutisch wirksam und nimmt, als eine eigentlich auch vom Körper produzierte Substanz (häufig nicht im richtigen Gleichgewicht), als Vorstufe des Prostaglandins Einfluss auf Gewebshormone und Hautprobleme wie Neurodermitis, Ekzeme und trockene Haut. Das Öl wird deshalb vorwiegend als hautregenerierende und entzündungshemmende Substanz eingesetzt.

In der Kosmetik wird Nachtkerzenöl eingesetzt, weil es die Elastizität der Zellmembranen verbessert, die Haut vor Austrocknung schützt und das Eindringen schädlicher Umweltsubstanzen von außen verringert.

Neue Indikationen sind sehr wahrscheinlich und Gegenstand der Forschung.

Marktpotenziale ergeben sich durch den Ersatz der bisher meist importierten Nachtkerzenöle. Im medizinischen und kosmetischen Bereich bietet die zunehmende Nachfrage nach naturnahen Produkten mit verbesserten Mechanismen der Qualitätskontrolle durch die Zusammenarbeit mit heimische Produzenten.

Nischenmärkte (die schon durch Aktivitäten in Brandenburg bedient werden) begrenzen aktuell noch das Flächenpotenzial der Kultur, die bei noch relativ geringen Erträgen mit erheblichen Kosten produziert werden muss. Sie wird deshalb für eine umfassende Förderung in Baden-Württemberg aktuell nicht empfohlen.

Adresse:

Landesanstalt für Landwirtschaft des Landes Brandenburg
Dr. Lothar Adam / Frau Oberndoerster,
Dorfstraße 1
14513 Teltow-Ruhlsdorf
Tel. 03329- 62257

Anbaufragen und Zucht , Bearbeitung eines FNR-Projektes zum Aufbau einer Produktlinie für die Nachtkerze vom Anbau bis zum Endprodukt.

Förderangaben:

Das Vorhaben wurde im Rahmen des Förderprojektes "Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung" (BW-PLUS) am Forschungszentrum Karlsruhe mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert. (Zuwendungsnummer: BWA 20002)

Übersicht zur Berechnung des P- Austrags (Pa) aus Ackerflächen und des P-Eintrags (Pe) in Obeflächengewässer

A Bodenabtrag in t/ha	Anreicherungsfaktor AR für das Bodenphosphat nach Auerswald zit. in Frede und Dabbert 1999	$A^{0,79}$	Formel zur Berechnung des P-Austrags in kg/ha aus Ackerböden nach Auerswald (zit. in Frede und Dabbert 1999) $\Rightarrow P_a = A^{0,79} * P_{konz}(0,06\%) * AR * 10$ (Faktor)	Vereinfachte Formel mit Anreicherungsfaktor AR=1,8 für mittlere Erosionsverhältnisse in Baden-Württemberg	SEV = Faktor für Sedimentaustrags-erhältnis (Modellwert 0,15 = 15 %)	P- Eintrag in Oberflächengewässer in kg $P * ha^{-1} * a^{-1}$ nach Formel (exakt)	P- Eintrag in Obeflächengewässer in kg $P * ha^{-1} * a^{-1}$ Modellwert AR=1,80	A Bodenabtrag in t/ha
1	2,53	1,00	1,52	1,08	0,15	0,23	0,16	1
1,1	2,48	1,08	1,60	1,16	0,15	0,24	0,17	1,1
1,2	2,43	1,15	1,69	1,25	0,15	0,25	0,19	1,2
1,3	2,39	1,23	1,77	1,33	0,15	0,27	0,20	1,3
1,4	2,36	1,30	1,85	1,41	0,15	0,28	0,21	1,4
1,5	2,32	1,38	1,92	1,49	0,15	0,29	0,22	1,5
1,6	2,29	1,45	1,99	1,57	0,15	0,30	0,23	1,6
1,7	2,26	1,52	2,07	1,64	0,15	0,31	0,25	1,7
1,8	2,24	1,59	2,13	1,72	0,15	0,32	0,26	1,8
1,9	2,21	1,66	2,20	1,79	0,15	0,33	0,27	1,9
2	2,19	1,73	2,27	1,87	0,15	0,34	0,28	2
2,1	2,16	1,80	2,33	1,94	0,15	0,35	0,29	2,1
2,2	2,14	1,86	2,40	2,01	0,15	0,36	0,30	2,2
2,3	2,12	1,93	2,46	2,09	0,15	0,37	0,31	2,3
2,4	2,11	2,00	2,52	2,16	0,15	0,38	0,32	2,4
2,5	2,09	2,06	2,58	2,23	0,15	0,39	0,33	2,5
2,6	2,07	2,13	2,64	2,30	0,15	0,40	0,34	2,6
2,7	2,05	2,19	2,70	2,37	0,15	0,41	0,36	2,7
2,8	2,04	2,26	2,76	2,44	0,15	0,41	0,37	2,8

A Bodenabtrag in t/ha	Anreicherungsfaktor AR für das Bodenphosphat nach Auerswald zit. in Frede und Dabbert 1999	$A^{0.79}$	Formel zur Berechnung des P- Austrags in kg/ha aus Ackerböden nach Auerswald (zit. in Frede und Dabbert 1999) $\Rightarrow P_a = A^{0.79}$ $*P_{konz}(0,06\%)*AR*10$ (Faktor)	Vereinfachte Formel mit Anreicherungsfaktor AR=1,8 für mittlere Erosionsverhältnisse in Baden-Württemberg	SEV = Faktor für Sedimentaustrags- erhältnis (Modellwert 0,15 = 15 %)	P- Eintrag in Oberflächen- gewässer in kg $P*ha^{-1}*a^{-1}$ nach Formel (exakt)	P- Eintrag in Oberflächengewässer in kg $P*ha^{-1}*a^{-1}$ Modellwert AR=1,80	A Bodenabtrag in t/ha
2,9	2,02	2,32	2,81	2,50	0,15	0,42	0,38	2,9
3	2,01	2,38	2,87	2,57	0,15	0,43	0,39	3
3,1	1,99	2,44	2,93	2,64	0,15	0,44	0,40	3,1
3,2	1,98	2,51	2,98	2,71	0,15	0,45	0,41	3,2
3,3	1,97	2,57	3,03	2,77	0,15	0,46	0,42	3,3
3,4	1,96	2,63	3,09	2,84	0,15	0,46	0,43	3,4
3,5	1,94	2,69	3,14	2,91	0,15	0,47	0,44	3,5
3,6	1,93	2,75	3,19	2,97	0,15	0,48	0,45	3,6
3,7	1,92	2,81	3,24	3,04	0,15	0,49	0,46	3,7
3,8	1,91	2,87	3,29	3,10	0,15	0,49	0,47	3,8
3,9	1,90	2,93	3,34	3,16	0,15	0,50	0,47	3,9
4	1,89	2,99	3,39	3,23	0,15	0,51	0,48	4
4,1	1,88	3,05	3,44	3,29	0,15	0,52	0,49	4,1
4,2	1,87	3,11	3,49	3,36	0,15	0,52	0,50	4,2
4,3	1,86	3,17	3,54	3,42	0,15	0,53	0,51	4,3
4,4	1,85	3,22	3,58	3,48	0,15	0,54	0,52	4,4
4,5	1,84	3,28	3,63	3,54	0,15	0,54	0,53	4,5
4,6	1,84	3,34	3,68	3,61	0,15	0,55	0,54	4,6
4,7	1,83	3,40	3,72	3,67	0,15	0,56	0,55	4,7
4,8	1,82	3,45	3,77	3,73	0,15	0,57	0,56	4,8
4,9	1,81	3,51	3,82	3,79	0,15	0,57	0,57	4,9
5	1,80	3,57	3,86	3,85	0,15	0,58	0,58	5
5,1	1,80	3,62	3,91	3,91	0,15	0,59	0,59	5,1
5,2	1,79	3,68	3,95	3,97	0,15	0,59	0,60	5,2
5,3	1,78	3,73	3,99	4,03	0,15	0,60	0,60	5,3

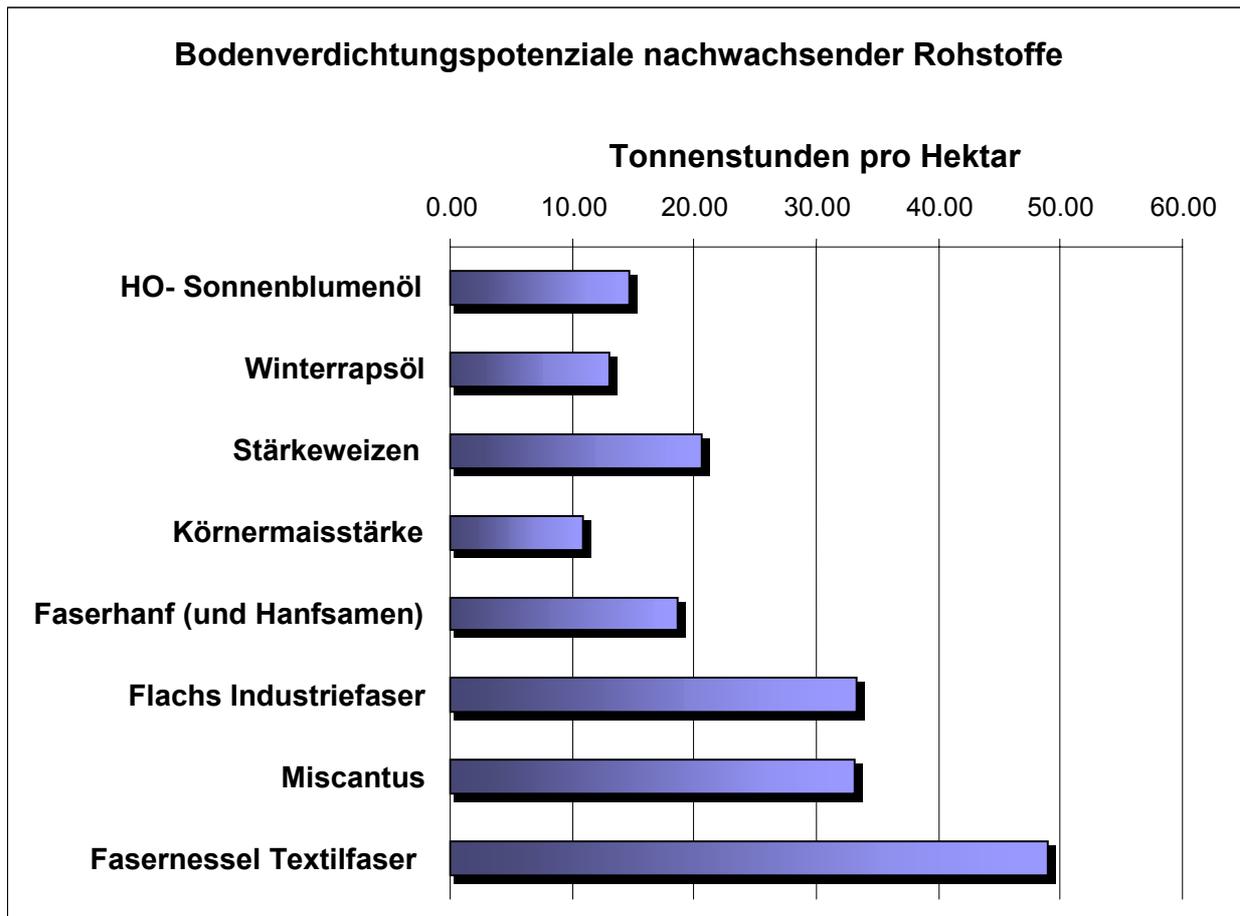
A Bodenabtrag in t/ha	Anreicherungsfaktor AR für das Bodenphosphat nach Auerswald zit. in Frede und Dabbert 1999	$A^{0.79}$	Formel zur Berechnung des P- Austrags in kg/ha aus Ackerböden nach Auerswald (zit. in Frede und Dabbert 1999) $\Rightarrow P_a = A^{0.79}$ $*P_{konz}(0,06\%)*AR*10$ (Faktor)	Vereinfachte Formel mit Anreicherungsfaktor AR=1,8 für mittlere Erosionsverhältnisse in Baden-Württemberg	SEV = Faktor für Sedimentaustrags- erhältnis (Modellwert 0,15 = 15 %)	P- Eintrag in Oberflächen- gewässer in kg $P*ha^{-1}*a^{-1}$ nach Formel (exakt)	P- Eintrag in Oberflächengewässer in kg $P*ha^{-1}*a^{-1}$ Modellwert AR=1,80	A Bodenabtrag in t/ha
5,4	1,78	3,79	4,04	4,09	0,15	0,61	0,61	5,4
5,5	1,77	3,84	4,08	4,15	0,15	0,61	0,62	5,5
5,6	1,76	3,90	4,12	4,21	0,15	0,62	0,63	5,6
5,7	1,76	3,95	4,17	4,27	0,15	0,62	0,64	5,7
5,8	1,75	4,01	4,21	4,33	0,15	0,63	0,65	5,8
5,9	1,74	4,06	4,25	4,39	0,15	0,64	0,66	5,9
6	1,74	4,12	4,29	4,45	0,15	0,64	0,67	6
6,1	1,73	4,17	4,33	4,51	0,15	0,65	0,68	6,1
6,2	1,72	4,23	4,37	4,56	0,15	0,66	0,68	6,2
6,3	1,72	4,28	4,41	4,62	0,15	0,66	0,69	6,3
6,4	1,71	4,33	4,46	4,68	0,15	0,67	0,70	6,4
6,5	1,71	4,39	4,50	4,74	0,15	0,67	0,71	6,5
6,6	1,70	4,44	4,54	4,80	0,15	0,68	0,72	6,6
6,7	1,70	4,49	4,58	4,85	0,15	0,69	0,73	6,7
6,8	1,69	4,55	4,61	4,91	0,15	0,69	0,74	6,8
6,9	1,69	4,60	4,65	4,97	0,15	0,70	0,75	6,9
7	1,68	4,65	4,69	5,02	0,15	0,70	0,75	7
7,1	1,68	4,70	4,73	5,08	0,15	0,71	0,76	7,1
7,2	1,67	4,76	4,77	5,14	0,15	0,72	0,77	7,2
7,3	1,67	4,81	4,81	5,19	0,15	0,72	0,78	7,3
7,4	1,66	4,86	4,85	5,25	0,15	0,73	0,79	7,4
7,5	1,66	4,91	4,88	5,31	0,15	0,73	0,80	7,5
7,6	1,65	4,96	4,92	5,36	0,15	0,74	0,80	7,6

A Bodenabtrag in t/ha	Anreicherungsfaktor AR für das Bodenphosphat nach Auerswald zit. in Frede und Dabbert 1999	$A^{0.79}$	Formel zur Berechnung des P- Austrags in kg/ha aus Ackerböden nach Auerswald (zit. in Frede und Dabbert 1999) $\Rightarrow P_a = A^{0.79}$ $*P_{konz}(0,06\%)*AR*10$ (Faktor)	Vereinfachte Formel mit Anreicherungsfaktor AR=1,8 für mittlere Erosionsverhältnisse in Baden-Württemberg	SEV = Faktor für Sedimentaustrags- erhältnis (Modellwert 0,15 = 15 %)	P- Eintrag in Oberflächen- gewässer in kg $P*ha^{-1}*a^{-1}$ nach Formel (exakt)	P- Eintrag in Oberflächengewässer in kg $P*ha^{-1}*a^{-1}$ Modellwert AR=1,80	A Bodenabtrag in t/ha
7,7	1,65	5,02	4,96	5,42	0,15	0,74	0,81	7,7
7,8	1,64	5,07	5,00	5,47	0,15	0,75	0,82	7,8
7,9	1,64	5,12	5,03	5,53	0,15	0,76	0,83	7,9
8	1,63	5,17	5,07	5,58	0,15	0,76	0,84	8
8,1	1,63	5,22	5,11	5,64	0,15	0,77	0,85	8,1
8,2	1,63	5,27	5,14	5,69	0,15	0,77	0,85	8,2
8,3	1,62	5,32	5,18	5,75	0,15	0,78	0,86	8,3
8,4	1,62	5,37	5,22	5,80	0,15	0,78	0,87	8,4
8,5	1,61	5,42	5,25	5,86	0,15	0,79	0,88	8,5
8,6	1,61	5,47	5,29	5,91	0,15	0,79	0,89	8,6
8,7	1,61	5,52	5,32	5,97	0,15	0,80	0,89	8,7
8,8	1,60	5,57	5,36	6,02	0,15	0,80	0,90	8,8
8,9	1,60	5,62	5,39	6,07	0,15	0,81	0,91	8,9
9	1,59	5,67	5,43	6,13	0,15	0,81	0,92	9
9,1	1,59	5,72	5,46	6,18	0,15	0,82	0,93	9,1
9,2	1,59	5,77	5,50	6,23	0,15	0,82	0,94	9,2
9,3	1,58	5,82	5,53	6,29	0,15	0,83	0,94	9,3
9,4	1,58	5,87	5,57	6,34	0,15	0,84	0,95	9,4
9,5	1,58	5,92	5,60	6,39	0,15	0,84	0,96	9,5
9,6	1,57	5,97	5,64	6,45	0,15	0,85	0,97	9,6
9,7	1,57	6,02	5,67	6,50	0,15	0,85	0,98	9,7
9,8	1,57	6,07	5,70	6,55	0,15	0,86	0,98	9,8
9,9	1,56	6,12	5,74	6,61	0,15	0,86	0,99	9,9

A Bodenabtrag in t/ha	Anreicherungsfaktor AR für das Bodenphosphat nach Auerswald zit. in Frede und Dabbert 1999	$A^{0.79}$	Formel zur Berechnung des P- Austrags in kg/ha aus Ackerböden nach Auerswald (zit. in Frede und Dabbert 1999) $\Rightarrow P_a = A^{0.79}$ $*P_{konz}(0,06\%)*AR*10$ (Faktor)	Vereinfachte Formel mit Anreicherungsfaktor AR=1,8 für mittlere Erosionsverhältnisse in Baden-Württemberg	SEV = Faktor für Sedimentaustrags- erhältnis (Modellwert 0,15 = 15 %)	P- Eintrag in Oberflächen- gewässer in kg $P*ha^{-1}*a^{-1}$ nach Formel (exakt)	P- Eintrag in Oberflächengewässer in kg $P*ha^{-1}*a^{-1}$ Modellwert AR=1,80	A Bodenabtrag in t/ha
10	1,56	6,17	5,77	6,66	0,15	0,87	1,00	10
10,1	1,56	6,21	5,80	6,71	0,15	0,87	1,01	10,1
10,2	1,55	6,26	5,84	6,76	0,15	0,88	1,01	10,2
10,3	1,55	6,31	5,87	6,82	0,15	0,88	1,02	10,3
10,4	1,55	6,36	5,90	6,87	0,15	0,89	1,03	10,4
10,5	1,54	6,41	5,94	6,92	0,15	0,89	1,04	10,5
10,6	1,54	6,46	5,97	6,97	0,15	0,90	1,05	10,6
10,7	1,54	6,50	6,00	7,02	0,15	0,90	1,05	10,7
10,8	1,53	6,55	6,03	7,08	0,15	0,91	1,06	10,8
10,9	1,53	6,60	6,07	7,13	0,15	0,91	1,07	10,9
11	1,53	6,65	6,10	7,18	0,15	0,91	1,08	11
11,1	1,53	6,70	6,13	7,23	0,15	0,92	1,08	11,1
11,2	1,52	6,74	6,16	7,28	0,15	0,92	1,09	11,2
11,3	1,52	6,79	6,20	7,33	0,15	0,93	1,10	11,3
11,4	1,52	6,84	6,23	7,39	0,15	0,93	1,11	11,4
11,5	1,51	6,89	6,26	7,44	0,15	0,94	1,12	11,5
11,6	1,51	6,93	6,29	7,49	0,15	0,94	1,12	11,6
11,7	1,51	6,98	6,32	7,54	0,15	0,95	1,13	11,7
11,8	1,51	7,03	6,35	7,59	0,15	0,95	1,14	11,8
11,9	1,50	7,07	6,38	7,64	0,15	0,96	1,15	11,9
12	1,50	7,12	6,42	7,69	0,15	0,96	1,15	12
12,1	1,50	7,17	6,45	7,74	0,15	0,97	1,16	12,1
12,2	1,50	7,21	6,48	7,79	0,15	0,97	1,17	12,2

A Bodenabtrag in t/ha	Anreicherungsfaktor AR für das Bodenphosphat nach Auerswald zit. in Frede und Dabbert 1999	$A^{0.79}$	Formel zur Berechnung des P- Austrags in kg/ha aus Ackerböden nach Auerswald (zit. in Frede und Dabbert 1999) $\Rightarrow P_a = A^{0.79}$ $*P_{konz}(0,06\%)*AR*10$ (Faktor)	Vereinfachte Formel mit Anreicherungsfaktor AR=1,8 für mittlere Erosionsverhältnisse in Baden-Württemberg	SEV = Faktor für Sedimentaustrags- erhältnis (Modellwert 0,15 = 15 %)	P- Eintrag in Oberflächen- gewässer in kg $P*ha^{-1}*a^{-1}$ nach Formel (exakt)	P- Eintrag in Oberflächengewässer in kg $P*ha^{-1}*a^{-1}$ Modellwert AR=1,80	A Bodenabtrag in t/ha
12,3	1,49	7,26	6,51	7,84	0,15	0,98	1,18	12,3
12,4	1,49	7,31	6,54	7,89	0,15	0,98	1,18	12,4
12,5	1,49	7,35	6,57	7,94	0,15	0,99	1,19	12,5
12,6	1,49	7,40	6,60	7,99	0,15	0,99	1,20	12,6
12,7	1,48	7,45	6,63	8,04	0,15	0,99	1,21	12,7
12,8	1,48	7,49	6,66	8,09	0,15	1,00	1,21	12,8
12,9	1,48	7,54	6,69	8,14	0,15	1,00	1,22	12,9
13	1,48	7,59	6,72	8,19	0,15	1,01	1,23	13
13,1	1,47	7,63	6,75	8,24	0,15	1,01	1,24	13,1
13,2	1,47	7,68	6,78	8,29	0,15	1,02	1,24	13,2
13,3	1,47	7,72	6,81	8,34	0,15	1,02	1,25	13,3
13,4	1,47	7,77	6,84	8,39	0,15	1,03	1,26	13,4
13,5	1,46	7,82	6,87	8,44	0,15	1,03	1,27	13,5
13,6	1,46	7,86	6,90	8,49	0,15	1,03	1,27	13,6
13,7	1,46	7,91	6,93	8,54	0,15	1,04	1,28	13,7
13,8	1,46	7,95	6,96	8,59	0,15	1,04	1,29	13,8
13,9	1,46	8,00	6,99	8,64	0,15	1,05	1,30	13,9
14	1,45	8,04	7,01	8,69	0,15	1,05	1,30	14
14,1	1,45	8,09	7,04	8,74	0,15	1,06	1,31	14,1
14,2	1,45	8,13	7,07	8,78	0,15	1,06	1,32	14,2
14,3	1,45	8,18	7,10	8,83	0,15	1,07	1,33	14,3
14,4	1,44	8,22	7,13	8,88	0,15	1,07	1,33	14,4
14,5	1,44	8,27	7,16	8,93	0,15	1,07	1,34	14,5

A Bodenabtrag in t/ha	Anreicherungsfaktor AR für das Bodenphosphat nach Auerswald zit. in Frede und Dabbert 1999	$A^{0.79}$	Formel zur Berechnung des P- Austrags in kg/ha aus Ackerböden nach Auerswald (zit. in Frede und Dabbert 1999) $\Rightarrow P_a = A^{0.79}$ $*P_{konz}(0,06\%)*AR*10$ (Faktor)	Vereinfachte Formel mit Anreicherungsfaktor AR=1,8 für mittlere Erosionsverhältnisse in Baden-Württemberg	SEV = Faktor für Sedimentaustrags- erhältnis (Modellwert 0,15 = 15 %)	P- Eintrag in Oberflächen- gewässer in kg $P*ha^{-1}*a^{-1}$ nach Formel (exakt)	P- Eintrag in Oberflächengewässer in kg $P*ha^{-1}*a^{-1}$ Modellwert AR=1,80	A Bodenabtrag in t/ha
14,6	1,44	8,31	7,19	8,98	0,15	1,08	1,35	14,6
14,7	1,44	8,36	7,22	9,03	0,15	1,08	1,35	14,7
14,8	1,44	8,40	7,24	9,08	0,15	1,09	1,36	14,8
14,9	1,43	8,45	7,27	9,13	0,15	1,09	1,37	14,9
15	1,43	8,49	7,30	9,17	0,15	1,10	1,38	15



Deckungsbeitrag „Fruchtfolge HO-Sonnenblumen“ mit nawaRO

Mittleres Leistungsniveau

2002

auf 40 % der Feldfläche *)

	Einh.	HO-Sonnenblume Stilllegungsfläche	W-Weizen (Brot-)	Körnermais	W-Weizen 2 (Brot)	Ø Fruchtfolge (inkl. Stilllegungsanteil)
Flächenanteil Fruchtfolge	%	25	25	25	25	100
Ertrag	dt/ha	30	70	95	70	
Preis (inkl. MwSt.)	€/dt	34,25	11,12	11,12	11,12	
Leistungen B	€/ha	1.396	1.362	1.669	1.362	
Saatgut	€/ha	107	120	174	120	
Düngung	€/ha	138	180	200	180	
Pflanzenschutz	€/ha	88	152	70	152	
Maschinenkosten	€/ha	244	238	260	238	
Sonstige variable Kosten	€/ha	100	78	224	78	
Summe variable Kosten	€/ha	677	769	929	769	
Deckungsbeitrag B	€/ha	719	593	740	593	661
davon Einbuße durch Stilllegung	€/ha		17	17	17	13
DB im Rahmen der Fruchtfolge	€/ha	719	610	757	610	674

*) mit der Fruchtfolge ist Entsprechung zu Abbildung der Produktionsverfahren bei der ökobilanziellen Betrachtung gegeben

Deckungsbeitrag „Fruchtfolge HO-Sonnenblumen“ ohne nawaRO

Mittleres Leistungsniveau

2002

auf 40 % der Feldfläche *)

	Einh.	Stilllegung Weidelgras	W-Weizen 1 (Brot-)	Körnermais	W-Weizen 2 (Brot-)	Ø Fruchtfolge (inkl. Stilllegungsanteil)
Flächenanteil Fruchtfolge	%	25	25	25	25	100
Ertrag	dt/ha	1	70	95	70	
Preis (inkl. MwSt.)	€/dt		11,12	11,12	11,12	
Leistungen B	€/ha	443	1.362	1.669	1.246	
Saatgut	€/ha	60	120	174	69	
Düngung	€/ha		180	200	180	
Pflanzenschutz	€/ha		152	70	152	
Maschinenkosten	€/ha	82	268	260	210	
Sonstige variable Kosten	€/ha	4	79	224	75	
Summe variable Kosten	€/ha	145	800	929	686	
Deckungsbeitrag B	€/ha	298	562	740	560	540
davon Einbuße durch Stilllegung	€/ha		17	17	17	13
DB im Rahmen der Fruchtfolge	€/ha	298	579	757	576	552

*) mit der Fruchtfolge ist Entsprechung zu Abbildung der Produktionsverfahren bei der ökobilanziellen Betrachtung gegeben

Deckungsbeitrag „Fruchtfolge Winterraps“ mit nawaRo Mittleres Leistungsniveau

2002

auf 60 % der Feldfläche *)

	Einh.	Winterraps	W-Weizen 1 (Brot-)	Braugerste 1	Futtererbsen	W-Weizen 2 (Brot-)	Braugerste 2 bei RapsoN	Ø Fruchtfolge (inkl. Stilllegungsanteil)
Flächenanteil Fruchtfolge	%	17	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	100
Ertrag	dt/ha	35	70	50	45	70	50	
Preis (inkl. MwSt.)	€/dt	23,44	11,12	13,95	13,30	11,12	13,95	
Leistungen B	€/ha	1.189	1.362	1.214	1.051	1.362	1.104	
Saatgut	€/ha	31	120	120	131	120	68	
Düngung	€/ha	163	180	118	65	152	118	
Pflanzenschutz	€/ha	240	152	127	123	152	127	
Maschinenkosten	€/ha	260	239	259	217	244	221	
Sonstige variable Kosten	€/ha	91	78	59	67	77	57	
Summe variable Kosten	€/ha	785	769	682	602	745	590	
Deckungsbeitrag B	€/ha	404	593	532	449	616	514	517
davon Einbuße durch Stilllegung	€/ha	17	17	17	17	17	17	17
DB im Rahmen der Fruchtfolge	€/ha	420	610	549	465	633	531	534

*) wenn letztlich gegen 10 % Stilllegungsfläche als Referenzsystem gerechnet wird.

Mit diesem Ansatz ist Entsprechung zu Abbildung der Produktionsverfahren mit Ökobilanz und Indikatoren gegeben

Deckungsbeitrag „Fruchtfolge Winterraps Stilllegung“ ohne nawaRo Mittleres Leistungsniveau

2002

auf 60 % der Feldfläche *)

	Einh.	Stilllegung Weidelgras	W-Weizen 1 (Brot-)	Braugerste	Futtererbsen	W-Weizen 2 (Brot-)	Braugerste 2 bei RapsoN	Ø Fruchtfolge (inkl. Stilllegungsanteil)
Flächenanteil Fruchtfolge	%	17	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	100
Ertrag	dt/ha	1	70	50	45	70	50	
Preis (inkl. MwSt.)	€/dt		11,12	13,95	13,30	11,12	13,95	
Leistungen B	€/ha	443	1.362	1.214	1.051	1.362	1.104	
Saatgut	€/ha	60	120	120	131	120	68	
Düngung	€/ha		180	118	65	152	118	
Pflanzenschutz	€/ha		152	127	123	152	127	
Maschinenkosten	€/ha	86	262	259	217	239	235	
Sonstige variable Kosten	€/ha	4	79	59	67	77	57	
Summe variable Kosten	€/ha	150	793	682	602	740	605	
Deckungsbeitrag B	€/ha	293	568	532	449	622	499	493
davon Einbuße durch Stilllegung	€/ha		17	17	17	17	17	14
DB im Rahmen der Fruchtfolge	€/ha	293	585	549	465	638	516	507

*) wenn letztlich gegen 10 % Stilllegungsfläche als Referenzsystem gerechnet wird.

Mit diesem Ansatz ist Entsprechung zu Abbildung der Produktionsverfahren mit Ökobilanz und Indikatoren gegeben

Deckungsbeitrag „Fruchtfolge Stärkeweizen“ mit nawaRo Mittleres Leistungsniveau

2002

auf 60 % der Feldfläche *)

	Einh.	W-Weizen (Stärke)	Braugerste 1	Futtererbsen	W-Weizen (Brot-)	Braugerste 2 vor Raps	Winterraps	Ø Fruchtfolge (inkl. Stilllegungsanteil)
Flächenanteil Fruchtfolge	%	17	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	100
Ertrag	dt/ha	75	50	45	70	50	35	
Preis (inkl. MwSt.)	€/dt	10,36	13,95	13,30	11,12	13,95	23,44	
Leistungen B	€/ha	1.339	1.214	1.161	1.362	1.109	1.184	
Saatgut	€/ha	117	120	131	120	68	31	
Düngung	€/ha	176	118	65	180	118	163	
Pflanzenschutz	€/ha	136	127	123	148	127	306	
Maschinenkosten	€/ha	231	264	217	238	221	260	
Sonstige variable Kosten	€/ha	73	53	67	72	48	93	
Summe variable Kosten	€/ha	733	681	602	759	581	853	
Deckungsbeitrag B	€/ha	606	533	559	603	528	331	527
davon Einbuße durch Stilllegung	€/ha	17	17	17	17	17	17	17
DB im Rahmen der Fruchtfolge	€/ha	622	550	575	619	545	348	543

*) wenn letztlich gegen 10 % Stilllegungsfläche als Referenzsystem gerechnet wird.

Mit diesem Ansatz ist Entsprechung zu Abbildung der Produktionsverfahren mit Ökobilanz und Indikatoren gegeben

Deckungsbeitrag „Fruchtfolge Stärkeweizen“ ohne nawaRo (Ref. Brotweizen) Mittleres Leistungsniveau 2002

auf 60 % der Feldfläche *)

	Einh.	W-Weizen 1 (Brot-)	Braugerste	Futtererbsen	W-Weizen 1 (Brot-)	Braugerste 2 vor Raps	Winterraps	Ø Fruchtfolge (inkl. Stilllegungsanteil)
Flächenanteil Fruchtfolge	%	17	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	100
Ertrag	dt/ha	70	50	45	70	50	35	
Preis (inkl. MwSt.)	€/dt	11,12	13,95	13,30	11,12	13,95	23,44	
Leistungen B	€/ha	1.362	1.214	1.161	1.362	1.109	1.184	
Saatgut	€/ha	120	120	131	120	68	31	
Düngung	€/ha	180	118	65	180	118	163	
Pflanzenschutz	€/ha	148	127	123	148	127	306	
Maschinenkosten	€/ha	238	264	217	238	221	260	
Sonstige variable Kosten	€/ha	72	53	67	72	48	93	
Summe variable Kosten	€/ha	759	681	602	759	581	853	
Deckungsbeitrag B	€/ha	603	533	559	603	528	331	526
davon Einbuße durch Stilllegung	€/ha	17	17	17	17	17	17	17
DB im Rahmen der Fruchtfolge	€/ha	619	550	575	619	545	348	543

*) wenn letztlich gegen 10 % Stilllegungsfläche als Referenzsystem gerechnet wird.

Mit diesem Ansatz ist Entsprechung zu Abbildung der Produktionsverfahren mit Ökobilanz und Indikatoren gegeben

Deckungsbeitrag „Fruchtfolge Stärkemais“ mit nawaRo Mittleres Leistungsniveau

2002

*) auf 40 % der Feldfläche

	Einh.	Körnermais 1	W-Weizen 1 (Brot-)	Körnermais 2	W-Weizen 2 (Brot-)	Ø Fruchtfolge (inkl. Stilllegungsanteil)
Flächenanteil Fruchtfolge	%	25	25	25	25	100
Ertrag	dt/ha	95	70	95	70	
Preis (inkl. MwSt.)	€/dt	11,12	11,12	11,12	11,12	
Leistungen B	€/ha	1.559	1.356	1.559	1.356	
Saatgut	€/ha	143	88	143	120	
Düngung	€/ha	200	152	200	152	
Pflanzenschutz	€/ha	172	209	172	209	
Maschinenkosten	€/ha	261	234	261	244	
Sonstige variable Kosten	€/ha	226	72	226	73	
Summe variable Kosten	€/ha	1.001	755	1.001	798	
Deckungsbeitrag B	€/ha	557	601	557	557	568
davon Einbuße durch Stilllegung	€/ha	17	17	17	17	17
DB im Rahmen der Fruchtfolge	€/ha	574	617	574	574	585

*) mit der Fruchtfolge ist Entsprechung zu Abbildung der Produktionsverfahren bei der ökobilanziellen Betrachtung gegeben

Deckungsbeitrag „Fruchtfolge Stärkemais“ ohne nawaRo Mittleres Leistungsniveau

2002

*) auf 40 % der Feldfläche

	Einh.	Stilllegung Begrünung	Weizen1 in StärkemaisFF_oN	Körnermais 2	W-Weizen 2 (Brot-)	Ø Fruchtfolge (inkl. Stilllegungsanteil)
Flächenanteil Fruchtfolge	%	25	25	25	25	100
Ertrag	dt/ha	1	70	95	70	
Preis (inkl. MwSt.)	€/dt		11,12	11,12	11,12	
Leistungen B	€/ha	443	1.356	1.559	1.356	
Saatgut	€/ha	60	88	143	69	
Düngung	€/ha		180	200	180	
Pflanzenschutz	€/ha		209	172	209	
Maschinenkosten	€/ha	72	265	261	220	
Sonstige variable Kosten	€/ha	3	74	226	72	
Summe variable Kosten	€/ha	135	816	1.001	749	
Deckungsbeitrag B	€/ha	308	539	557	606	503
davon Einbuße durch Stilllegung	€/ha		17	17	17	13
DB im Rahmen der Fruchtfolge	€/ha	308	556	574	623	515

*) das Fruchtfolgeschema bildet das Anbauszenario ab, das auch für die Ökobilanzierung und die Indikatoren zugrunde gelegt wurde; bei einem gültigen Stilllegungssatz von 10 % kann es auf 40 % der AF angewandt werden

Deckungsbeitrag Fruchtfolge Hanf“ mit nawaRo Mittleres Leistungsniveau (ohne Lagerung)

2002

-
auf 40 % der Ackerflächenfläche

	Einh.	Hanf	W-Weizen (Brot-)	Körnermais	Braugerste	Ø Fruchtfolge (inkl. Stilllegungsanteil)
Flächenanteil Fruchtfolge	%	25	25	25	25	100
Ertrag + Nebenleistung	dt/ha	80 (+ 5)	70	100	50	
Preis (inkl. MwSt.)	€/dt	9,70	11,12	11,12	13,95	
Leistungen B (inkl. Zuschuss Abnehmer; 150 €)	€/ha	1.438	1.361	1.619	1.219	
Saatgut	€/ha	169	117	143	120	
Düngung	€/ha	182	180	210	118	
Pflanzenschutz	€/ha		152	70	127	
Maschinenkosten	€/ha	446	238	260	259	
Sonstige variable Kosten	€/ha	40	72	234	53	
Summe variable Kosten	€/ha	837	760	917	676	
Deckungsbeitrag B	€/ha	601	601	702	543	612
davon Einbuße durch Stilllegung	€/ha	17	17	17	17	17
DB im Rahmen der Fruchtfolge	€/ha	618	618	718	560	628

*) mit der Fruchtfolge ist Entsprechung zu Abbildung der Produktionsverfahren bei der ökobilanziellen Betrachtung gegeben

Deckungsbeitrag "Fruchtfolge Hanf" ohne nawaRo Mittleres Leistungsniveau

2002

auf 40 % der Ackerflächenfläche

	Einh.	Körnermais 1	W-Weizen (Brot-)	Körnermais 2	Braugerste	Ø Fruchtfolge (inkl. Stilllegungsanteil)
Flächenanteil Fruchtfolge	%	25	25	25	25	100
Ertrag	dt/ha	100	70	100	50	
Preis (inkl. MwSt.)	€/dt	11,12	11,12	11,12	13,95	
Leistungen B	€/ha	1.614	1.356	1.614	1.214	
Saatgut	€/ha	143	117	143	120	
Düngung	€/ha	210	180	210	118	
Pflanzenschutz	€/ha	70	152	70	127	
Maschinenkosten	€/ha	260	286	260	259	
Sonstige variable Kosten	€/ha	234	74	234	53	
Summe variable Kosten	€/ha	917	809	917	676	
Deckungsbeitrag B	€/ha	697	547	697	538	620
davon Einbuße durch Stilllegung	€/ha	17	17	17	17	17
DB im Rahmen der Fruchtfolge	€/ha	713	564	714	555	636

*) mit der Fruchtfolge ist Entsprechung zu Abbildung der Produktionsverfahren bei der ökobilanziellen Betrachtung gegeben

Deckungsbeitrag „Fruchtfolge Faserlein (Flachs)“ zur Gewinnung technischer Faser Mittleres Leistungsniveau 2002

auf 60 % der Feldfläche *)

	Einh.	Flachs	W-Weizen 1 (Brot-)	Braugerste 2 vor Raps	Winterraps	W-Weizen 1 (Brot-)	Braugerste 2 vor Hafer	Hafer	Ø Fruchtfolge (inkl. Stilllegungsanteil)
Flächenanteil Fruchtfolge	%	14,2	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3		100
Ertrag	dt/ha	60+8	70	50	35	70	50	55	
Preis (inkl. MwSt.)	€/dt	8+17,88	11,12	13,95	23,44	11,12	13,95	9,81	
Leistungen B	€/ha	965	1.362	1.109	1.184	1.362	1.109	1.017	
Saatgut	€/ha	114	120	68	31	120	68	85	
Düngung	€/ha	136	180	118	163	180	118	122	
Pflanzenschutz	€/ha	64	152	127	306	148	127	57	
Maschinenkosten	€/ha	316	278	221	260	238	221	252	
Sonstige variable Kosten	€/ha	44	89	48	93	72	48	54	
Summe variable Kosten	€/ha	674	819	581	853	759	581	570	
Deckungsbeitrag B	€/ha	291	543	528	331	603	528	447	467,3
davon Einbuße durch Stilllegung	€/ha		17	17	17	17	17	17	
DB im Rahmen der Fruchtfolge	€/ha	291	560	545	348	619	545	464	481,7

*) mit der Fruchtfolge ist Entsprechung zu Abbildung der Produktionsverfahren bei der ökobilanziellen Betrachtung gegeben

Deckungsbeitrag „Fruchtfolge Faserlein (Flachs)“ ohne nawaRo Mittleres Leistungsniveau

2002

auf 60 % der Feldfläche *)

	Einh.	Stilllegung Weidelgras	W-Weizen 1 (Brot-)	Braugerste 2 vor Raps	Winterraps	W-Weizen 1 (Brot-)	Braugerste 2 vor Hafer	Hafer	Ø Fruchtfolge (inkl. Stilllegungsanteil)
Flächenanteil Fruchtfolge	%	14,2	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3		100
Ertrag	dt/ha	1	70	50	35	70	50	55	
Preis (inkl. MwSt.)	€/dt	6,54	11,12	13,95	23,44	11,12	13,95	9,81	
Leistungen B	€/ha	333	1.362	1.109	1.184	1.362	1.109	1.017	
Saatgut	€/ha	60	120	68	31	120	68	85	
Düngung	€/ha		180	118	163	180	118	122	
Pflanzenschutz	€/ha		148	127	306	148	127	57	
Maschinenkosten	€/ha	72	238	221	260	238	221	252	
Sonstige variable Kosten	€/ha	3	72	48	93	72	48	54	
Summe variable Kosten	€/ha	135	759	581	853	759	581	570	
Deckungsbeitrag B	€/ha	198	603	528	331	603	528	447	462
davon Einbuße durch Stilllegung	€/ha		17	17	17	17	17	17	
DB im Rahmen der Fruchtfolge	€/ha	198	619	545	348	619	545	464	476

*) mit der Fruchtfolge ist Entsprechung zu Abbildung der Produktionsverfahren bei der ökobilanziellen Betrachtung gegeben

Deckungsbeitrag "Fruchtfolge Miscanthus" mit nawaRo über 15 Jahre Mittleres Leistungsniveau (ohne Lagerung)

2002

auf 10 % der Ackerflächenfläche

	Einh.	Miscanthus 1. Jahr	Miscanthus 2. Jahr	Miscanthus 3. Jahr	Miscanthus 4. -13. Jahr	Miscanthus 14. Jahr	Miscanthus 15. Jahr	Ø Fruchtfolge (inkl. Stilllegungsanteil)
Flächenanteil Fruchtfolge	%	10	10	10	10 x 10	10	10	
Ertrag	dt/ha	0	94	203	225	203	203	
Preis (inkl. MwSt.)	€/dt	6,54	6,54	6,54	6,54	6,54	6,54	
Leistungen B	€/ha	333	948	1.661	1.805	1.661	1.661	
Saatgut	€/ha	1.177	107				61	
Düngung	€/ha				149	134		
Pflanzenschutz	€/ha						35	
Maschinenkosten	€/ha	241	254	307	339	310	386	
Sonstige variable Kosten	€/ha	224						
Summe variable Kosten	€/ha	1.642	361	307	488	444	482	
Deckungsbeitrag B	€/ha	-1.309	587	1.353	1.317	1.216	1.179	1.080
davon Einbuße durch Stilllegung								
DB im Rahmen der Fruchtfolge	€/ha	-1.309	587	1.353	1.317	1.216	1.179	1.080

*) mit der Fruchtfolge ist Entsprechung zu Abbildung der Produktionsverfahren bei der ökobilanziellen Betrachtung gegeben

Deckungsbeitrag "Fruchtfolge Miscanthus" ohne nawaRo über 15 Jahre Mittleres Leistungsniveau

2002

auf 10 % der Ackerflächenfläche

	Einh.	Stilllegung Weidelgras 1. Jahr	Stilllegung Weidelgras 2.-15. Jahr		Ø Fruchtfolge (inkl. Stilllegungsanteil)
Flächenanteil Fruchtfolge	%	10	14 x 10		
Ertrag	dt/ha	0	0		
Preis (inkl. MwSt.)	€/dt				
Leistungen B	€/ha	333	333		
Saatgut	€/ha	60			
Düngung	€/ha				
Pflanzenschutz	€/ha				
Maschinenkosten	€/ha	72	21		
Sonstige variable Kosten	€/ha	3	1		
Summe variable Kosten	€/ha	135	21		
Deckungsbeitrag B	€/ha	198	312		304
davon Einbuße durch Stilllegung	€/ha				
DB im Rahmen der Fruchtfolge	€/ha	198	312		304

*) mit der Fruchtfolge ist Entsprechung zu Abbildung der Produktionsverfahren bei der ökobilanziellen Betrachtung gegeben

Deckungsbeitrag "Fruchtfolge Fasernessel" mit nawaRo über 10 Jahre Mittleres Leistungsniveau

2002

auf 10 % der Ackerflächenfläche

	Einh.	Fasernessel										Ø Fruchtfolge (inkl. Stilllegungsanteil)	
		1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr	5. Jahr	6. Jahr	7. Jahr	8. Jahr	9. Jahr	10. Jahr		
Flächenanteil Fruchtfolge	%	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100
Ertrag	dt/ha		65	100	100	100	100	100	100	100	100	65	
Preis (inkl. MwSt.)	€/dt	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,9	
Leistungen B	€/ha	333	1.042	1423	1042								
Saatgut	€/ha	3852											
Düngung	€/ha	139	194	253	253	253	183	183	183	183	124		
Pflanzenschutz	€/ha	29					146			146	28		
Maschinenkosten	€/ha	479	124	224	224	233	224	219	224	224	163		
Sonstige variable Kosten	€/ha	540	130	130	33	33		33	33	3	33		
Zinsansatz	€/ha	756	11	15	13	13	14	11	11	14	9		
Summe variable Kosten	€/ha	5.796	460	622	522	532	567	446	451	567	357		
Deckungsbeitrag B	€/ha	-5.463	582	801	901	891	856	977	972	856	685		205,8
davon Einbuße durch Stilllegung													
DB im Rahmen der Fruchtfolge	€/ha	-5.452	582	801	901	891	856	977	972	856	685		205,8

Deckungsbeitrag "Fruchtfolge Fasernessel" ohne nawaRo über 10 Jahre Mittleres Leistungsniveau

2002

auf 10 % der Ackerflächenfläche

	Einh.	Stilllegung Weidelgras 1. Jahr	Stilllegung Weidelgras 2.-9. Jahr	Stilllegung Weidelgras 10. Jahr	Ø Fruchtfolge (inkl. Stilllegungsanteil)
Flächenanteil Fruchtfolge	%	10	8 x 10	10	100
Ertrag	dt/ha				
Preis (inkl. MwSt.)	€/dt				
Leistungen B	€/ha	333	333	333	
Saatgut	€/ha	60			
Düngung	€/ha				
Pflanzenschutz	€/ha				
Maschinenkosten	€/ha	72	21	42	
Sonstige variable Kosten	€/ha	3	1	2	
Summe variable Kosten	€/ha	135	22	44	
Deckungsbeitrag B	€/ha	198	311	289	297,5
davon Einbuße durch Stilllegung	€/ha				
DB im Rahmen der Fruchtfolge	€/ha	198	311	289	297,5

*) mit der Fruchtfolge ist Entsprechung zu Abbildung der Produktionsverfahren bei der ökobilanziellen Betrachtung gegeben