

Hanfanbau in der Schweiz

Geschichte, aktuelle Situation, Sorten, Anbau- und Erntetechnik, wirtschaftliche Aspekte und Perspektiven

Paolo Bassetti und Vito Mediavilla, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL),

Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zürich

Ernst Spiess, Helmut Ammann und Hansruedi Strasser, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

Eric Mosimann, Eidgenössische Forschungsanstalt für Pflanzenbau (RAC), Changins, CH-1260 Nyon

Die Hanfpflanze passt gut in unsere Breitengrade, Boden- und Klimaverhältnisse. Sie gilt als bodenschonend und kann in der Regel ohne chemischen Pflanzenschutz angebaut werden und ist somit geradezu für den IP- und Bioanbau prädestiniert. Geeignete, geprüfte Sorten sind verfügbar. Die Ernte und Verar-

beitung der bis zu 3,5 m langen, zähen Pflanzen stellt hohe Anforderungen an Mensch und Technik. Erste praxistaugliche Erntesysteme und -verfahren konnten durch die Modifikation bestehender Technik bereitgestellt werden. Die kommenden Jahre lassen interessante Entwicklungen vor allem für die kombinierte Ernte, teils mit integrierter Faservoraufbereitung und Schäbengewinnung, erwarten. Die Verwertungsmöglichkeiten von Hanfrohstoffen sind sehr vielfältig, die Verarbeitungstechnologien und Absatzkanäle in den westlichen Ländern aber erst wenig erprobt bzw. erschlossen. Die Aussichten auf eine erfolgreiche Wiedereinführung der Industriehanfproduktion können allgemein positiv beurteilt werden. Das öffentliche Interesse an ökologischen Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen ist gross.



Abb. 1. Eine vielversprechende Pflanze, ein problemloser Anbau und hochwertige Rohstoffe. Die Ernte- und Verarbeitungstechnik ist noch nicht in allen Belangen ausgereift. Feingespür für Natur und Technik sind gefragt.

Inhalt	Seite
Geschichte des Hanfanbaus in der Schweiz	2
Aktuelle Situation und Gesetzgebung	2
Botanik und Züchtung	3
Ansprüche der Hanfpflanze	3
Sortenwahl	3
Getreideübliche Drillsaat in der Regel zweckmässig	5
Hanf düngen	6
Hanf eine pflegeleichte Kultur, aber ...	7
Optimale Erntezeitpunkte entscheidend	7
Erntetechnik im Wandel	8
Von der Langfaser zur Wurfaserernte	8
Faseraufschlussverfahren im Umbruch	9
Doppelnutzung von Fasern und Körnern?	9
Erntesysteme und -verfahren im Überblick	9
Arbeitswirtschaft	18
Wirtschaftlichkeit	18
Hinweise zum Hanfmähdresch	19
Schlussfolgerungen und Perspektiven	20

Geschichte des Hanfanbaus in der Schweiz

Die jüngste Geschichte des Hanfanbaus in der Schweiz ist geprägt von Höhen und Tiefen. Bis zum Ersten Weltkrieg war die Selbstversorgung unserer Landwirte mit Flachs- und Hanffasern üblich. Danach verschwand der Hanfanbau. Während des Zweiten Weltkrieges und in den Nachkriegsjahren wurden dann Anstrengungen unternommen, Flachs und Hanf wieder einzuführen, so dass Hanf eine beschränkte Wiedergeburt erlebte. Wegen der Konkurrenz der billigeren, importierten Fasern, aber auch wegen des Anbauverbotes in den 60er und 70er Jahren verschwand der Hanfanbau allmählich von fast allen mitteleuropäischen Ländern inklusive der Schweiz (Ausnahme: Frankreich). In Osteuropa und Asien hat dagegen der Hanfanbau und die Hanfindustrie nie zu existieren aufgehört.

Nach und nach fand in den mitteleuropäischen Ländern während den 90er Jahren die «Wiederentdeckung» des Hanfes statt. So wurden 1996 in Frankreich 7500, in Grossbritannien 1750, in Spanien 1500, in Deutschland 1400, in den Niederlanden 1100, in Österreich 750 und in der Schweiz rund 150 Hektaren Hanf wieder ange-

baut. Die über 20 Jahre lange Unterbrechung führte dazu, dass viel Wissen und Können in den Bereichen Anbau, Ernte sowie Gewinnung und Nutzung von Fasern und Samen verloren ging bzw. nicht mehr zeitgemäss war.

Aktuelle Situation und Gesetzgebung

Die «Wiedergeburt» des Hanfanbaus begann in der Schweiz 1993. In diesem Jahr nahm die Forschungsanstalt Zürich-Reckenholz die Versuchstätigkeit mit Hanf auf. Im Wallis wurden im gleichen Jahr die ersten Hanffelder gesät. In den darauf folgenden Jahren nahm der Anbau zu und erreichte 1997 rund 200 Hektaren (Tab. 1). In den Forschungsanstalten Tänikon (FAT) und Changins (RAC), der Schweizerischen Fachhochschule für Landwirtschaft

Zollikofen (FHL) sowie von mehreren Landwirtschaftsschulen wurden verschiedene Projekte gestartet (Abb. 2). Zur Zeit gibt es in der Schweiz einige «Hanfläden», die auf Hanfprodukte spezialisiert sind. Der Verkaufsschlag vieler Läden besteht allerdings oft in «Hanfduftkissen», die sich an der Grenze der Legalität befinden. Ausserdem werden oft Kleider, Lebensmittel, Kosmetika und Literatur angeboten. Obwohl in der Schweiz erwähnenswerte Arbeiten zur Entwicklung von Öl, Lebensmitteln, Duftessenzen und Kosmetika geleistet wurden, stammen sehr viele Hanfartikel aus dem Ausland. Insbesondere die Technik zum Aufschluss und Verarbeitung der Hanffasern existiert in unserem Lande noch nicht. Um den Hanf sind mehrere Organisationen entstanden, zum Beispiel die *Schweizerische Vereinigung Hanfproduzierender Bauern* und die *Schweizerische Hanf-Koordination*, welche die Interessen von Landwirten und Handel vertreten.

Tabelle 1. Hanfanbaufläche (ha) in der Schweiz und Verwendungszweck

Jahr	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Nachwachsender Rohstoff ¹⁾	0	10	11	6	2	60
Andere Nutzungen ²⁾	1	10	50	150	200	??

¹⁾ Nach Bundesamt für Landwirtschaft

²⁾ Schätzung aufgrund verschiedener Informationen



Abb. 2. Die Forschungsaktivitäten um den Hanf sind heute sehr vielfältig. Die Ausgangsbasis bilden Feldversuche im Bereiche der Sortenprüfung und Anbautechnik.

Gemäss **Betäubungsmittelgesetz** vom 3. Oktober 1951 (SR 812.121) ist der Anbau von Hanf für die Gewinnung von Betäubungsmitteln verboten bzw. bewilligungspflichtig. Der Anbau für andere Zwecke ist hingegen frei. Am 1. März 1998 trat die *Verordnung des Bundesamtes für Landwirtschaft über den Sortenkatalog von Hanf* (vom 26. Februar 1998) in Kraft. Sie regelt den Verkehr mit Saat- und Pflanzgut und lässt nur gewisse THC¹⁾-arme Sorten zu (SR 916.151.6). Zusätzlich wurden in der *Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln* (vom 30. Januar 1998, in Kraft seit dem 15. Februar 1998) Grenzwerte bezüglich THC in Lebensmitteln (Speiseöl, Samen, Backwaren und Getränken) festgelegt.

¹⁾ THC (Δ^9 -Tetrahydrocannabinol) ist der psychotrope Wirkstoff vom Hanf.

Botanik und Züchtung

Hanf (*Cannabis sativa* L.) ist eine einjährige Pflanze, die der Familie der Cannabinaceae angehört. Ursprünglich war der Hanf zweihäusig, das heisst dass männliche und weibliche Blüten sich auf getrennten Pflanzen befinden. Da aber die männlichen Pflanzen bis zu vier Wochen vor den weiblichen blühen, war die Ernte sehr aufwendig. Die natürlich vorkommenden einhäusigen Individuen wurden in den 50er Jahren selektiert und zu neuen einhäusigen Sorten gezüchtet. Auf ähnliche Weise wurden THC-arme Sorten und THC-reiche Linien hervorgebracht. In der Schweiz wurden in den 40er Jahren italienische («Bologneser Hanf»), ungarische und deutsche Sorten mit Erfolg angebaut. Schweizerische Sorten gab es damals offenbar nicht.

Oft wird behauptet, die **Resistenz** der Hanfpflanzen gegenüber Insekten, Nematoden, Pilzen, Bakterien und anderen Pflanzen sei auf das THC zurückzuführen. Mehrere Arbeiten haben aber gezeigt, dass dies nicht der Fall ist. Erfahrungsgemäss leiden beispielsweise Drogensorten, die nicht an unsere Bedingungen angepasst sind, wenn sie auf dem Feld angebaut werden, unter Krankheiten.

Die Ansprüche der Hanfpflanze nicht unterschätzen

Hanf ist an unsere klimatischen Bedingungen gut angepasst. Oft wird er aber als ganz anspruchslos bezüglich Klima und Boden betrachtet. Schon eine Anbauanleitung aus dem Jahr 1928 betont aber die hohen Bedürfnisse des Hanfes. Darin heisst es: «Nach den grossen Anforderungen, die der Hanf an die Bodennährstoffe stellt und nach der kurzen Zeit, in welcher er sie aufnehmen muss, ist schon zu schliessen, dass auch die Bodenbearbeitung des Hanffeldes auf das sorgfältigste durchgeführt werden muss». Neuere Arbeiten und Erfahrungen bestätigen, dass der Hanf relativ wärmeliebend ist und am besten auf tiefgrün-

digen, humusreichen Böden bis 900 m ü.M. mit guter Wasserversorgung gedeiht. Ungeeignet sind verdichtete, staunasse, saure, sehr schwere oder sehr leichte Böden. Da die Pfahlwurzel der Hanfpflanze verglichen mit anderen Kulturpflanzen schwächer entwickelt ist, muss die Bodenbearbeitung sehr sorgfältig durchgeführt werden. Dafür ist auf schweren Böden eine Winterfurche und auf leichten Böden eine Frühjahrsfurche zu empfehlen. Das Saatbett muss mittel bis fein sein. Eine Direktsaat auf leichtem bis mittelschwerem Boden ist grundsätzlich möglich, Erfahrungen vor allem bezüglich Unkrautbekämpfung bestehen aber nicht.

Obwohl Hanf weitgehend selbstverträglich ist, ist eine Anbaupause von zwei bis drei Jahren empfehlenswert. Alle Vorkulturen sind gut geeignet, wenn sie keine Bodenverdichtungen hinterlassen. Der Vorfruchtwert des Hanfes ist sprichwörtlich. Wenn mit hoher Saatmenge gesät wird, hinterlässt der Hanf einen unkrautfreien, gut strukturierten Boden.

Sortenwahl – mehr als nur eine Qual

Hanf weist eine sehr grosse genetische Variabilität auf. Durch Züchtung wurden in Deutschland, Frankreich, Ungarn, Rumänien, Polen, Italien, Spanien sowie in den ehemaligen Staaten der Sowjetunion, Jugoslawiens und der Tschechoslowakei in diesem Jahrhundert Sorten vor allem für die Fasergewinnung selektiert. Viele dieser Sorten sind leider zur Zeit nicht mehr verfügbar.

Während fünf Jahren wurden in der Schweiz in Feldversuchen 22 der in Europa verfügbaren Sorten auf ihre agronomischen und psychoaktiven Eigenschaften untersucht. Neben einhäusigen wurden auch zweihäusige, sehr früh bis spät reifende Cultivars und Landsorten getestet (Tab. 2). Mit wenigen Ausnahmen lag der **THC-Gehalt** der geprüften Sorten immer unter 0,5%. Der THC-Gehalt von THC-reichen Sorten war teilweise vom Erntezeitpunkt und von der Witterung abhängig. Dank der Ermittlung des THC/CBD²-Verhältnisses konnte gezeigt werden, dass Novosadska plus,

Swissmix und Secuieni 1 potentiell THC-reich sind. Seit 1994 wurden THC-arme und agronomisch vorteilhafte Sorten in der Sortenliste des Bundesamtes für Landwirtschaft aufgenommen.

Für die Gewinnung von **Fasern** (Stengel) eignen sich vor allem Sorten, die einen hohen Stengelertrag und einen hohen Bastgehalt aufweisen, wie Kompolti, Uniko-B und Futura 77. Bei dieser Nutzung wirkt sich ihre Zweihäusigkeit auf die Faserausbeute nicht negativ aus. Besonders bastreich, das heisst faserreich, erwiesen sich Juso 14, Novosadska plus, Beniko, Bialobrzkeskie, Juso 31, Kompolti, Uniko-B und Kompolti hybrid TC.

Für die **Körnergewinnung** sind einhäusige Sorten mit einer kleineren Wuchshöhe (Drusch) und einem hohen Körnerertrag wünschenswert. Die Qualitätseigenschaften (Fettgehalt und Fettsäurezusammensetzung) der Körner verschiedener Sorten variierten relativ wenig (Tab. 3). Der Fettgehalt (wichtig für die Ölgewinnung) war bei den frühreifen Sorten höher (zwischen 30 und 36%). Der Anteil an der für die Humanmedizin interessanten γ -Linolensäure war bei den Juso 14, Fasamo, Beniko, Juso 31 sowie Féline 34 und Féline 19 am höchsten. Bei der Gewinnung von Samenöl aus THC-reichen Sorten wird oft der lebensmittelrechtliche THC-Grenzwert im Öl überschritten. Solches Öl bietet ein gesundheitliches Risiko. Eine spezielle Reinigung der Samen vor dem Pressen ist möglich. Sie ist aber aufwendig und nicht zu empfehlen.

Bei der Gewinnung von **ätherischem Hanföl** (Destillation von Blüten mit Wasserdampf) spielt der Duft eine wichtige Rolle. Bei Geruchtests konnte gezeigt werden, dass man aus den Sorten Féline 34, Futura 77, Kompolti, Kompolti hybrid TC, Secuieni 1, Moldovan und Bialobrzkeskie ein besonders gut riechendes ätherisches Öl gewinnen kann (Tab. 2).

Verschiedene Quellen propagieren Swissmix als «echte schweizerische Naturhanfsorte». Unsere Erfahrung hat gezeigt, dass es sich um ein heterogenes Gemisch von Samen und nicht um eine Sorte handelt. Ihr schweizerischer Ursprung ist in Anbetracht dessen, dass es in den letzten

² CBD (Cannabidiol) ist ein Vorläufer bei der Synthese des THC.

Tabelle 2. Ergebnisse der Sortenversuche

Sortenname	Herkunft	Häufigkeit (% männlich)	Reife	Aufnahme Sortenliste Bundesamt für Land- schaft	Zulassung Europäi- sche Union	Stängel- Ertrag dt TS/ha	Bast- Gehalt %	Körner- Ertrag dt TS/ha	THC- Gehalt %	THC/CBD- Verhältnis	Pflanzen- höhe m	Ätheri- sches Öl Geruch	Anzahl Versuche max.
Fasamo	D	ein (1)	sf	1998	✓	45,0	37,3	4,5	0,04	0,03	1,31	0	2
Juso 31	Ukraine	ein (1)	sf		✓	50,8	42,0	3,7	0,01	0,03	1,32		1
Beniko	PL	ein (1)	f		✓	79,7	46,4	6,3	0,12	0,16	1,62	0	2
Bialobrzeskie	PL	ein (1)	f			87,5	42,1	6,3	0,06	0,05	1,69	+	2
Fédora 19	F	ein (1)	f	1994	✓	73,5	34,3	12,9	0,16	0,11	2,19	0	8
Félina 34	F	ein (1)	f	1994	✓	81,3	38,1	8,1	0,14	0,06	2,24	+	7
Férimon 12	F	ein (1)	f		✓				0,08	0,10		0	1
Juso 14	Ukraine	ein (1)	f			46,2	46,5	5,3	0,02	0,18	1,26		1
Livoniae (Landsorte)	Lettland	zwei (50)	f			68,0	33,6	10,9	0,01	0,25	3,13	-	1
FxT	H	ein (10)	mf	1997		123,2	36,1	10,4	0,24	0,13	2,56	0	2
Secuieni 1	RM	zwei (50)	mf			92,2	38,1	7,4	0,69	0,80	2,32	0	3
Swissmix	CH	zwei (50)	mf			79,0	29,9	5,3	1,30	0,84	2,21	0	4
Fibramulta 151	RM	zwei (50)	m			61,0	33,3	6,1	0,21	0,23	2,25	0	2
Futura 77	F	ein (1)	m	1994	✓	93,7	36,2	9,5	0,26	0,13	2,44	+	8
Irene	RM	ein (1)	m			91,9		9,3	0,43	0,36	1,89	0	2
Lovrin 110	RM	zwei (50)	m		✓	85,6	37,7	7,1	0,15	0,12	2,16	0	3
Moldovan (Landsorte)	RM	zwei (50)	m			87,2	29,7	7,7	0,33	0,14	2,53	+	1
Uniko-B	H	zwei* (30)	m	1996		98,4	41,0	7,0	0,30	0,29	2,38	0	4
Kompolti	H	zwei (50)	s	1994	✓	95,1	41,2	3,3	0,14	0,18	2,59	+	5
Kompolti hybrid TC	H	zwei (50)	s			112,7	40,7	2,9	0,47	0,48	2,69	+	6
Novosadska	YU	zwei (50)	s			112,9	34,1	3,4	0,48	0,47	2,38	+	2
Novosadska plus	YU	zwei (50)	s			122,7	42,8	3,0	1,34	0,93	2,27	0	1

* Unisexual: 70% weibliche und 30% männliche Pflanzen

Reife: sf: sehr früh; f: früh; mf: mittel-früh; m: mittel; s: spät

Ätherisches Öl (Geruch): -: schlecht; 0: mittel; +: gut

Tabelle 3. Körnerqualität verschiedener Sorten

Sorte	Öl- gehalt (% TS)	Roh- protein- gehalt (% TS)	Fettsäuren (Gewicht-%)							Rest
			Palmitinsäure C16:0*	Stearinsäure C18:0	Ölsäure C18:1	Linolsäure C18:2	α-Linolensäure C18:3	γ-Linolensäure C18:3	Arachidinsäure C20:0	
Bialobrzeskie	36,5	27,2	6,3	3,1	12,6	55,0	17,6	2,8	1,9	1,0
Moldovan	34,0	30,7	6,3	2,9	13,0	54,2	19,1	2,0	1,7	0,8
Futura 77	33,6	24,1	5,9	2,9	11,3	55,7	19,8	2,1	0,9	1,4
Secuieni 1	33,5	26,5	6,5	2,9	12,8	55,2	18,8	1,8	1,0	1,2
Livoniae	33,2	24,9	6,2	2,9	11,7	56,3	18,5	2,4	0,5	1,8
Uniko-B	32,9	26,6	6,2	2,8	11,8	55,8	19,8	1,8	0,8	1,2
Félina 34	31,7	26,6	6,4	2,8	11,3	55,8	18,0	3,0	1,4	1,4
Fédora 19	31,5	27,7	6,4	3,0	11,9	55,5	17,6	2,9	1,4	1,4
Irene	31,3	30,9	6,2	2,9	14,0	54,5	18,1	1,7	1,6	0,9
Fasamo	31,3	29,4	6,7	2,5	10,0	54,3	20,0	3,4	2,1	0,9
Lovrin 110	31,1	29,3	6,4	2,6	13,3	55,7	17,6	2,0	1,6	0,8
FxT	31,1	26,4	6,5	3,0	13,4	55,4	17,4	2,0	1,2	1,1
Swissmix	28,9	26,0	6,3	2,8	11,6	56,0	19,1	1,9	1,2	1,1
Beniko	28,7	31,3	6,6	2,7	11,2	56,3	16,9	3,4	2,0	0,9
Juso 31	28,3	29,1	6,4	3,1	13,5	54,6	16,4	3,2	2,0	1,0
Kompolti hybrid TC	27,7	27,6	6,3	2,9	13,7	54,9	18,4	1,8	1,1	1,2
Kompolti	24,9	23,5	6,8	2,7	11,8	55,2	18,7	2,0	1,8	1,0
Juso 14	24,5	28,3	6,9	2,8	13,5	55,0	15,1	3,7	2,0	1,0
Novosadska	23,3	28,2	6,6	2,7	12,4	55,4	18,4	1,8	1,7	1,0
Novosadska plus	19,5	27,3	6,7	2,7	13,6	55,4	17,3	1,8	1,6	0,9

* C16: Anzahl der C-Atome; 0: Anzahl der Doppelbindungen

50 Jahren keine schweizerische Hanfsorte mehr gegeben hat und dass in Europa in keiner Genbank je eine schweizerische Hanfsorte aufgenommen wurde, haltlos. Agronomische Vorteile konnten bei Swissmix nicht nachgewiesen werden.

Gemäss Verordnung des Bundesamtes für Landwirtschaft über den Sortenkatalog von Hanf darf Saat- und Pflanzgut nur von den Sorten Fasamo, Fédera 19, Féline 34, Futura 77, FxT, Uniko-B und Kompolti in den Verkehr gebracht werden (Stand 1998).

Getreideübliche Drillsaat in der Regel zweckmässig

Der optimale **Saattermin** von Hanf liegt im Mittelland ähnlich dem Mais im Zeitraum von Mitte April bis Mitte Mai. Obwohl die Keimung bereits bei tiefen Bodentemperaturen um 1–2 °C ausgelöst wird, sollten für eine rasche, problemlose Jugendentwicklung aber Bodentemperaturen um mindestens 10 °C abgewartet werden. Als **Saattiefe** sind bei schwereren, feuchteren Böden etwa 3–4 cm nicht zu überschreiten. Auf eher trockenen Standorten mit leichten Böden können in Erzielung eines gleichmässigen Feldaufganges Saattiefen bis zu 6 cm zweckmässig sein (Abb. 3). **Saattechnik, Saatmenge und Reihenabstand** sind beim Hanf eng mit den Produktionsrichtungen, der Unkrautregulierung und der Erntetechnik verbunden.



Abb. 3. Hanf lässt bei abgestimmter Saattechnik in der Regel einen gleichmässigen Feldaufgang erwarten.

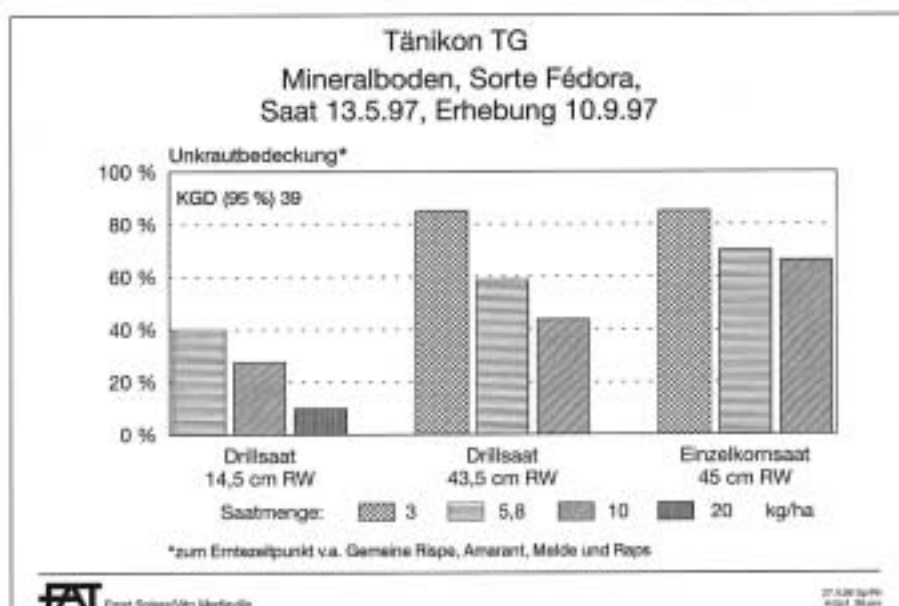


Abb. 4. Zusammenhang zwischen Einzelkorn- und Drillsaat sowie Reihenweite (RW), Saatmenge und Unkrautbedeckung im Körnerhanfanbau (hohe Niederschläge in den Sommermonaten 1997). In Jahren mit ausgeglichenerem Witterungsverlauf sind die Unterschiede nicht so deutlich.

Abb. 5. Bei günstigen Wachstumsbedingungen (nicht zu lange Schlechtwetterperioden) werden Unkräuter besonders bei kleineren Reihenweiten durch die Hanfpflanze dank deren raschen Jugendentwicklung wirkungsvoll unterdrückt.



Für gute Qualitäten bei der **Faserproduktion** (erleichterte Ernte und Aufbereitung) sind grundsätzlich feine Stängel in hoher Anzahl anzustreben. Die kostengünstige Drillsaattechnik mit den getreideüblichen Reihenweiten (15–20 cm) bei Saatmengen um 60 kg/ha erfüllt diese Anforderungen am besten.

Bei der **Körnergewinnung** bedingen gute Erträge hingegen stärker ausgebildete Einzelpflanzen in viel geringerer Zahl pro Flächeneinheit. Mit Einzelkornsäugeräten (Zuckerrübensäure) lässt sich eine gleichmässige Pflanzenverteilung bei allerdings grösseren Reihenweiten erzielen. Um die

sen Fragenkomplex wurden an der FAT auf mittleren Mineralböden mit der Sorte Fédera 19 eingehende Versuche durchgeführt. Dank einer raschen Pflanzenentwicklung konnte das Unkraut 1996 (bei normalen Niederschlagsmengen) auch bei sehr geringen Saatmengen und Reihenabständen um 50 cm wirkungsvoll unterdrückt werden. Infolge der besonderen, feuchten Witterungsverhältnisse von 1997 hatte die Unkrautentwicklung hingegen einen signifikanten Einfluss (Abb. 4 und 5). So zeigten sich vor allem bei den Reihenabständen um 45 cm und insbesondere bei den Einzelkornsaaten mit abnehmender

Saatmenge beträchtlich stärkere Unkrautungen. Diese wirkte sich in diesem Jahr tendenzmässig auch auf den Körnerertrag aus (Abb. 6). In durchschnittlichen Jahren (1996) ist die Einzelkornsaat nach den Versuchsergebnissen (Parzellen-Handernte) ertragsmässig nur geringfügig (nicht signifikant) besser einzustufen. Beim Mähdrusch wird dieser Vorteil ganz offensichtlich durch höhere Schneidwerkverluste bei den dünneren Beständen wieder ausgeglichen. Auch für die Körnerproduktion kann folglich die Drillsaat bei engen Reihenabständen und Saatmengen von 20 bis 30 kg (10 kg in sehr günstigen Ackerbaulagen) empfohlen werden. Ausnahme: Reihenabstände um 50 cm könnten jedoch in Verbindung mit speziellen Sonnenschnidwerkzeugen (ohne Einzugsrotor) in Erzielung geringerer Ernteverluste zweckmässig sein. Eine gezielte mechanische Unkrautregulierung muss dann aber allenfalls in Betracht gezogen werden.

Die Hanfdüngung gut überlegen

In Versuchen wurde der starke Einfluss der N-Düngung auf den Hanf bestätigt. Die Stickstoffdüngung wirkte sich positiv auf die Pflanzenhöhe und den Stengeldurchmesser aus. Der Stengelertrag wurde durch zunehmenden

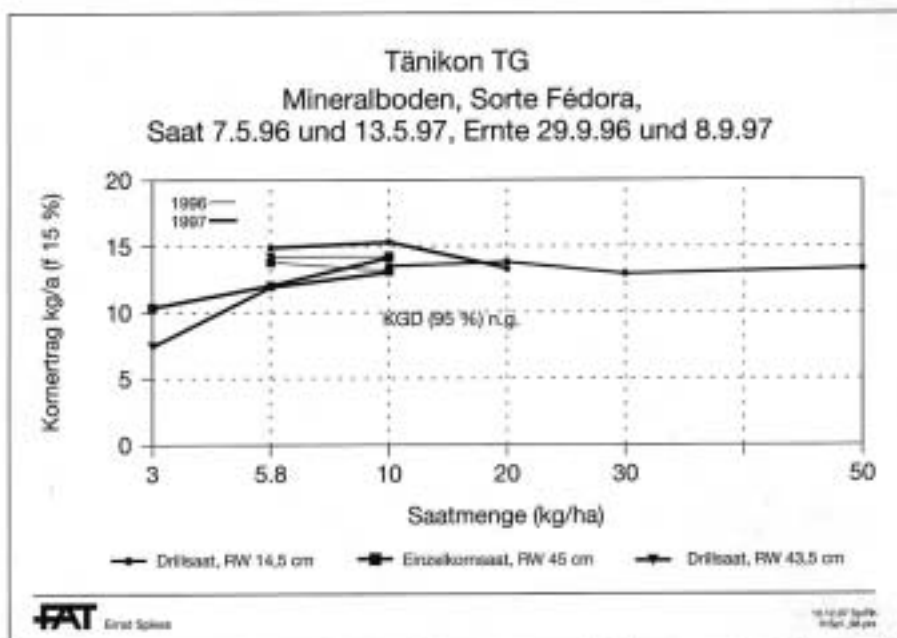


Abb. 6. Zusammenhang zwischen Einzelkorn- und Drillsaat sowie Reihenweite (RW), Saatmenge und Körnerertrag. Die Ergebnisse zeigen keine gesicherten Unterschiede. Die Einzelkornsaat ist nur unter bestimmten Voraussetzungen gerechtfertigt.

de N-Gaben erhöht (Abb. 7). Der für die Fasergewinnung wichtige Bast-ertrag konnte mit zunehmenden N-Gaben ebenfalls gesteigert werden. Der Körnerertrag war gleichfalls von der N-Düngung abhängig, aber etwas weniger stark als der Stengelertrag (Abb. 7).

Da der Hanf eine kurze Vegetationsdauer aufweist, während er hohe Mengen an Biomasse bildet, müssen die Nährstoffe im richtigen Moment und in

einer gut verfügbaren Form vorliegen. Dies gilt vor allem für den Stickstoff. Um die N-Verluste möglichst klein zu halten, ist vor allem bei einer niedrigen Bestandesdichte (bis 10 kg Samen pro Hektar) nicht zu früh mit Stickstoff zu düngen. Wir empfehlen deshalb, den Hauptteil der N-Gabe bei einer Pflanzenhöhe von 20 bis 30 cm zu verabreichen.

Bei der Bodentrocknung von Hanfstengeln fallen Blätter und Blüten ab. Mit dem Erntegut werden daher praktisch nur die Stengel weggeführt. Der Stengelentzug entspricht damit dem realen Entzug aus dem Feld. Wir konnten diesbezüglich je nach N-Düngung in den Stengeln 14 bis 45 kg N, 21 bis 33 kg P_2O_5 , 61 bis 183 kg K_2O und 4 bis 8 kg Mg pro Hektar messen. Mit zunehmender Saatmenge nahmen generell die Entzüge zu. In Blättern und Blüten waren die Entzüge zwar höher als in den Stengeln, die Nährstoffe verlassen das Feld aber nur mit einer Ganzpflanzenernte.

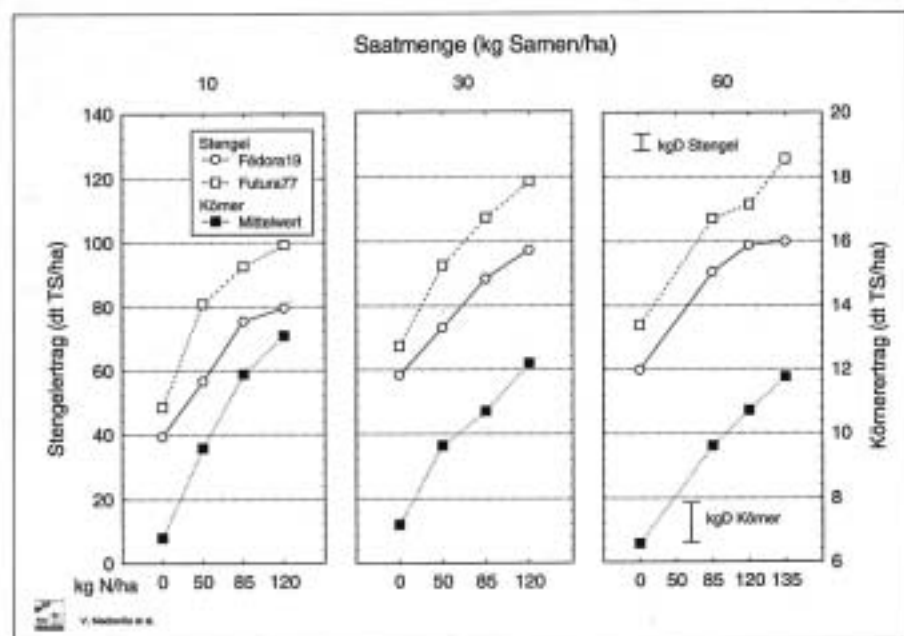


Abb. 7. Einfluss von N-Düngung und Saatmenge auf Stengel- und Körnerertrag. Mittelwert an den Standorten Zürich-Reckenholz (1996), Tenniken (1997) und Cadenazzo (1996, 1997). Der Körnerertrag wurde mit Handernte ermittelt (Mediavilla et al. 1998).

Bei der Gestaltung der Düngung spielen verschiedene Faktoren eine Rolle. Die Stickstoffmineralisierung im Boden muss berücksichtigt werden. Zusätzlich sollen erntetechnische, wirtschaftliche und ökologische Überlegungen angestellt werden. Die Rentabilität der N-Düngung bezogen auf das Ernteprodukt (Stroh, Samen) ist kaum gegeben, so lange die Rohstoffpreise tief sind und der grösste Teil des Deckungsbeitrags durch die Direktzahlung zustande kommt. Weiter ist zu beachten, dass der ökologische Wert nachwachsender Rohstoffe nur zum Tragen kommt, wenn durch sie fossile Rohstoffe eingespart werden können. Trotz einer starken Ertragswirkung der N-Düngung ist die Nutzwirkung verhältnismässig bescheiden.

Aus diesen Überlegungen heraus empfehlen wir eine N-Düngung für Faserhanf von 85 bis 120 und für Körnerhanf von 50 bis 85 kg. Ist keine Erfahrung mit der Ernte vorhanden, sollten die N-Gaben reduziert werden. Ausserdem sollten 30 kg P_2O_5 , 120 kg K_2O und 6 kg Mg zugefügt werden. Hofdünger können verwendet werden, ihre Wirkung ist aber begrenzt. Mist sollte vor der Saat eingearbeitet werden. Gülle soll schonend bei passendem Wetter (Ätzungen möglich) auf den 10–20 cm hohen Bestand verregnet werden.

Hanf eine pflegeleichte Kultur, aber ...

Ein ökologisch wichtiger Vorteil des Hanfanbaus besteht im möglichen Verzicht auf Unkrautbekämpfung und Pflanzenschutzmassnahmen. Voraussetzung ist aber eine **ausreichende Saatmenge**. Aus diesen Gründen sollte die Saatmenge auch für Körnerhanf in der Regel nicht weniger als 30 kg/ha betragen. Für Faserhanf sollte sie zwischen 30 und 60 kg liegen. Eine ausreichende Keimfähigkeit³ ist auf jeden Fall unabdingbar.

Der Samenausfall ist beim Körnerhanf mit durchschnittlich rund 100 kg/ha recht gross. Der grösste Teil davon fällt bereits vor dem Drusch zu Boden. Dieser Ausfallhanf kann sich in der Folge

kultur zu einem konkurrenzstarken, schwer bekämpfbaren Unkraut entwickeln. Um dies erfolgreich zu vermeiden, sollte nach der Ernte das Feld nicht bearbeitet werden, damit die oberflächlich aufliegenden Samen keimen können und dann entweder durch eine Bodenbearbeitung oder durch die Winterfröste zerstört werden.

Schädlinge und Krankheiten befallen den Hanf wenig. Beim Auflaufen können allerdings Schnecken die Hanfpflanzen erheblich dezimieren. Die Graufäule (*Botrytis cinerea*) kann Blätter, Stengel und Blüten befallen. Bekämpfung ist weder nötig noch möglich. In einzelnen Fällen wurden Schäden von Erdflöhen, Viosen und Maiszünsler beobachtet. In Körnerhanfbeständen sind Vögel aller Arten sehr gefürchtet. Sie können, vor allem wenn das Feld klein ist, bis zu einem Totalausfall führen. Oft treten in Hanffeldern Diebstähle auf. Durch passende Standortwahl sowie eine Aufklärung der Passanten (Schilder, Sorte) kann dies mindestens zum Teil vermieden werden.

Optimale Erntezeitpunkte entscheidend

Der Erntezeitpunkt steht bei Hanf in engem Zusammenhang mit Ertrag, Qualität und Ernteverluste. Der höchste **Stengelertrag** und damit der **optimale Schnitzeitpunkt** ist beim Faserhanf zum Zeitpunkt der Blüte erreicht. Der Trockensubstanzgehalt liegt dann um 30%. Für mittlere Ackerbaustandorte des Mittellandes fällt die Ernte somit je nach Sorte auf Mitte August bis Mitte September. Für die günstigen Lagen der West- und Südschweiz wird der optimale Erntezeitpunkt um etwa eine bis zwei Wochen früher erreicht.

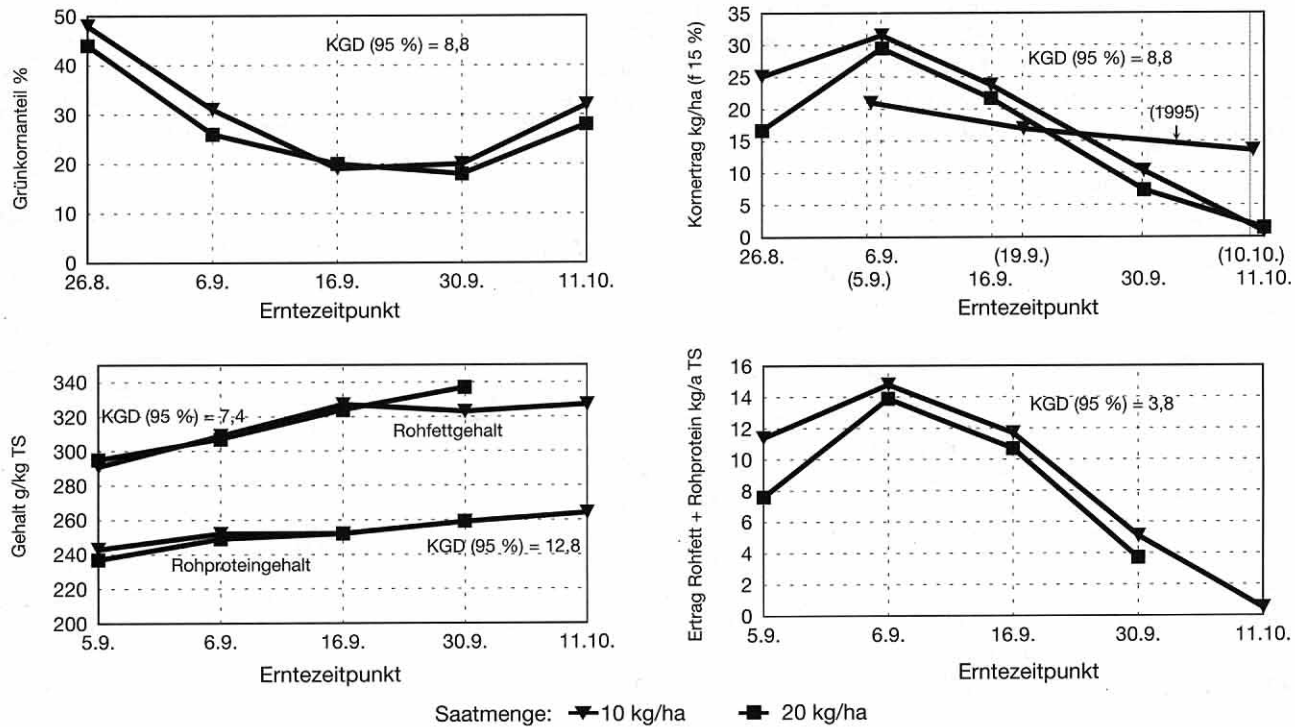
Die optimale **Kornreife** ist dann erreicht, wenn die Samenschale hart wird bzw. unter Druckeinwirkung bricht. In der Regel nimmt die grüne Kornoberfläche während dieser Zeit eine braune Marmorierung an; die Pflanzenfarbe ist nun hellgrün bis gelb. Von der Blüte bis zur Samenreife vergehen 25–30 Tage. Dieser Zeitversatz bildet somit auch das Hauptproblem bei der Doppelnutzung von Stengeln und Körnern. Analog zum ungleich-

mässigen Abblühen ist bei den bisher verfügbaren Sorten auch die Samenreife nicht nur von Pflanze zu Pflanze, sondern auch innerhalb eines Blütenstandes sehr unterschiedlich. Dabei zeigen die unteren Blüten zuerst harte Samen. Die hohe Ausfalltendenz der reifen Samen hat zur Folge, dass schon bei Beginn der Reife, wenn die meisten Körner noch grün sind, bereits die ersten Ausfall- und Vogelfrassverluste auftreten.

Um Aufschluss über **Ertrags- und Qualitätsverlauf** der Körner zu erhalten, wurden 1995 bis 1998 mit der Sorte Fédora entsprechende Versuche durchgeführt. Die Resultate zeigen zumindest bei Fédora 19, dass zu keinem Zeitpunkt ein Erntegut praktisch frei von grünen Körnern gewonnen werden kann (Abb. 8). Die Grünkornanteile nahmen zwar zunächst mit den fortschreitenden Ernteterminen beträchtlich ab. Mit stark zunehmendem Kornausfall war dann aber wieder eine Zunahme an grünen Körnern zu verzeichnen. Dies kann dadurch erklärt werden, dass in der Schlussphase mehr reife Körner ausfallen als grüne Körner nachreifen. Das Ertragsoptimum wird bei höheren Sommertemperaturen früher erreicht als bei anhaltenden Schlechtwetterperioden. Günstige Herbstwitterung verlangsamt die Ertragsabnahme. Im ungünstigen Fall waren hingegen schon Anfang Oktober um zwei Drittel der Samen ausgefallen und durch Vogelfrass dezimiert. Sowohl die Rohprotein- als auch Rohfettgehalte nahmen sowohl 1995 als auch 1996 mit jedem späteren Erntetermin leicht zu. Die Tendenzen bei den Gehalterträgen pro Flächeneinheit sind jedoch gleich wie beim Körnerertrag in Abhängigkeit vom Erntezeitpunkt. Daraus lässt sich für die Praxis folgern, dass die Kornreife (insbesondere beim Mähdrusch) trotz hoher Grünkornanteile möglichst frühzeitig, das heisst beim deutlichen Einsetzen der Ausfallverluste erfolgen sollte. Der Kornfeuchtigkeitsgehalt ist unter den Voraussetzungen des Mittellandes in der Regel in allen Reifestadien hoch. Die vergleichsweise tiefen Trocknungskosten (geringe Erntemengen) rechtfertigen das Risiko einer verspäteten Ernte (Ausfallverluste, technische Probleme beim Mähdrusch) nicht. Feuchter Hanf muss zum Erreichen der Lagerfähigkeit unmittelbar nach der Ernte auf 12% Feuchtigkeit

³ Die Keimfähigkeit von Hanf nimmt nach zwei bis drei Jahren Lagerung schnell ab.

Tänikon TG, Mineralboden, Sorte Fédora, Saat 7.5.96
Handernte, RW = 14,5 cm



FAT Ernst Spiess

27.4.98 Sp/Rh
H:Sp1_98.prs

Abb. 8. Einfluss des Erntezeitpunktes auf den Grünkornanteil, den Korntrag, die Gehaltswerte und die Rohfett- und Rohproteinträge.

heruntergetrocknet werden. Für Saatgut sind besondere Richtlinien zu beachten, um eine ausreichende Keimfähigkeit im Folgejahr gewährleisten zu können.

Erntetechnik im Wandel

Die Ernte- und Verarbeitungstechnik von Hanf ist weltweit sehr unterschiedlich entwickelt. Erfolgt der Hanfanbau etwa in China immer noch fast ausschliesslich in mühevoller Handarbeit wie vor Jahrhunderten, so wurde in den Ländern der ehemaligen Sowjetunion mit traditionellem Hanfanbau eine beachtliche Spezialtechnik für die Ernte und Weiterverarbeitung entwickelt. Auch diese Systeme sind aber immer noch durch einen verhältnismässig hohen Arbeitsaufwand ge-

kennzeichnet. Schon zu Beginn der Wiedereinführung des Hanfanbaues in den westlichen Ländern stand fest, dass für eine konkurrenzfähige Produktion rationellere Lösungen gesucht werden müssen. Dies führte zu völlig andersartigen Erntesystemen mit anderen Voraussetzungen an die Weiterverarbeitung bzw. Faseraufschlussverfahren.

Von der Langfaser zur Wirrfasererntelinie

Alle herkömmlichen, heute überwiegend noch in Ostländern angewendeten, in der Regel sehr handarbeitsaufwendigen Erntemethoden sind der **Langfasertechnik** zuzuordnen. Die Pflanzen verbleiben sowohl bei der Ernte, bei der Röstung⁴ als auch beim Transport und der Aufbereitung in

Parallellage. Eine speziell darauf abgestimmte Aufbereitungstechnik insbesondere in Verbindung mit einer Wasserröste vermag im allgemeinen hochwertige, auch für den Textilbereich geeignete Faserqualitäten hervorzubringen. Das Langfaserverfahren erforderte bisher durchwegs teure Spezialmaschinen, wobei eine Vollmechanisierung bisher noch nicht in der gewünschten Form erreicht werden konnte. Die Weiterentwicklung ist aber auch hier in vollem Gange.

⁴ **Röstprozess:** Gewebeschnitt um die Faserbündel wird durch Mikroorganismen und UV-Bestrahlung zersetzt. Nach Abschluss ist eine mechanische Auftrennung von Faserbündeln und Holzteil (Brechen) möglich. Zu geringe und zu starke Röste mindern die Faserqualität und Ausbeute. **Feld- oder Tauröste** dauert zwei bis drei Wochen. **Wasserröste** erfolgt unter der Wasseroberfläche während mindestens drei Tagen (Warmwasser) bis mehrere Wochen (Kaltwasser).

Die sich nun im Westen etablierende **Wirrfaserlinie** kann dagegen der Forderung nach hoher Schlagkraft, Vollmechanisierung und Kostensenkung am besten entsprechen. Die Wirrlage der Pflanzenteile (ähnlich der Rauhfutter- und Strohernte) verbunden mit einer Feldröste macht zumindest teilweise den Einsatz von bereits im Futter- und Ackerbau vorhandenen, in der Regel modifizierten, Maschinenketten möglich. Für den faserproduzierenden Landwirtschaftsbetrieb liegen die Vorteile auf der Hand: Geringere Investitionen in eine spezielle Technik, bessere Auslastung vorhandener Maschinen, hohe Flexibilität und insgesamt niedrigere Kosten. Der Weiterverarbeitung sind bisher im Vergleich zur Langfaserlinie qualitätsmässig gewisse Grenzen gesetzt. Beim aktuellen Stand der Faseraufbereitungstechnik stehen eher Endprodukte wie beispielsweise Formpressteile, Dämmstoffe, Geotextilien usw. im Vordergrund, die geringere Anforderungen an die Aufschlussverfahren und Faserqualitäten stellen.

Faseraufschlussverfahren im Umbruch

Im Gegensatz zur Baumwolle bringt die Natur bei den Bastfaserpflanzen leider keine frei zugänglichen Einzelfasern hervor. Zusammenhängende Faserbündel sind hier durch Kittsubstanzen im Stengel festgelegt. Für den Faseraufschluss müssen Holzkern (Schäben) und Fasern voneinander getrennt werden (Decortisierung). Die Faserbündel können je nach dem späteren Verwendungszweck in weiteren Bearbeitungsschritten Kotonisierung oder Degummierung noch verfeinert werden. Als hochwertigste Komponente resultieren die Langfasern. Kurzfasern (Werg) sind gegenwärtig noch ein verarbeitungsbedingtes, minderwertigeres Nebenprodukt, das die Ausbeute an Langfasern herabsetzt. Der Hanfstengel besteht aus ca. 50–60% Schäben und 20–30% Fasern sowie Kittsubstanzen. Hanf liefert zwar vergleichsweise hohe Fasererträge. Der Faseraufschluss gestaltet sich aber wesentlich aufwendiger als etwa beim Flach, da die Einzelfasern wesentlich stärker miteinander

verschlungen sind. Eine intensive Forschung hat derzeit die Zielsetzung, die Faseraufschlussverfahren teils unter Anwendung völlig neuer Techniken weiterzuentwickeln, vor allem um auch die Erzeugnisse der Wirrfaserlinie für höherwertige Produkte zum Beispiel im Zellstoff- und Textilbereich zugänglich zu machen. In Ergänzung zum mechanischen Aufschluss stehen chemische, biochemische, thermische, biologische sowie Ultraschall-Verfahren zur Diskussion. Beim hier angestrebten Feinaufschluss entfällt die Klassifizierung in Lang- und Kurzfasern, da praktisch die gesamte Faser-substanz in feinerer einheitlicher Qualität (spinnfähige Kurzfasern) anfallen würde. Als eine Alternative zur Feldröste wird ferner die Grünerte zum Beispiel in Verbindung mit der Silagekonservierung in Untersuchungen miteinbezogen.

Sollte es im Anschluss an die Wirrfaserlinie gelingen, hochwertige Faserqualitäten günstig zu produzieren, liessen sich aus einheimischer Produktion in Bereichen mit hoher Wertschöpfung verschiedene klassische Massen-Importfaserprodukte substituieren. Zur Frage, ob eine erste **Faseraufbereitung** bereits in das **Erntesystem** integriert werden soll, besteht zur Zeit noch Unklarheit. Wahrscheinlich sind hier in Abstimmung auf die Aufschlussverfahren bzw. Produktelinien unterschiedliche Lösungen anzustreben.

Doppelnutzung von Fasern und Körnern?

Unter den Voraussetzungen in westlichen Ländern ist eine isolierte Betrachtungsweise der Erntetechnik nur bei Faserproduktion möglich, wo vor allem in den Niederlanden und Deutschland oft auf eine Bergung der Körner verzichtet wird. Beim Schwerpunkt Körnerproduktion muss entweder die Strohbergung oder aber die -beseitigung in Betracht gezogen werden. Bisher sind aber kaum praktikable, auch umweltverträgliche Verfahren für eine problemlose **Beseitigung bzw. Verarbeitung der Ernterückstände** bekannt. So musste bei Versuchen der Einsatz von verschiedenen Mulch- und Strohzerkleinerungsgeräten unmittelbar nach der

Ernte infolge starker Wickelneigung immer wieder aufgegeben werden. Nach Erfahrungen der FAL kann das Unterpflügen nach einem Niederwalzen der langen Stoppeln in der Arbeitsrichtung des Pflügens (Walze im Frontanbau) unter Umständen erleichtert werden. Allerdings ist dann nur die Arbeit in einer Richtung (wie beim Beetpflügen) möglich. Können die Hanfstoppelfelder hingegen über den Winter belassen werden, ist die Einarbeitung je nach Witterungsverlauf bzw. Zersetzungsgrad der Stengel weniger problembehaftet.

Es dürfte bei der Körnerproduktion aber eine Frage der Zeit sein, bis sich für alle Anbaustandorte wirtschaftlich und ökologisch sinnvolle Verwendungsmöglichkeiten für die minderwertigeren Strohqualitäten finden lassen. Die kombinierte Nutzung Faser/Körner ist gegenwärtig noch mit qualitativen und quantitativen Kompromissen auf der einen oder anderen Seite verbunden. Die aktuelle Sortenzüchtung und die Fortschritte bei der Erntetechnik lassen aber auch diesbezüglich für die Zukunft bessere Voraussetzungen erwarten.

Erntesysteme und -verfahren im Überblick

Aufgrund mehrjähriger Erfahrungen und Erkenntnisse im In- und Ausland sind bei allen Erntesystemen und -verfahren besonders der Wirrfaserlinie zunächst einige grundsätzliche **Aspekte** zu beachten:

Kurz- oder Langpflanzenernte? Bedingt durch die grosse Stengellänge und Zähigkeit, verbunden mit extrem starker Wickelneigung, kann das Hanferntegut beim Schnitt, beim Wenden, beim Pressen, beim Ballenauflösen und Dosieren bis zum Brechen und Faseraufschluss beträchtliche technische Schwierigkeiten bereiten (Abb. 9). Einkürztes Erntegut lässt sich bei geringerem technischen Aufwand grundsätzlich problemloser verarbeiten. Ein negativer Einfluss auf die Faserqualität wurde bis jetzt nicht nachgewiesen. Trotzdem verfolgt die Maschinenindustrie gegenwärtig noch beide Verfahren weiter.

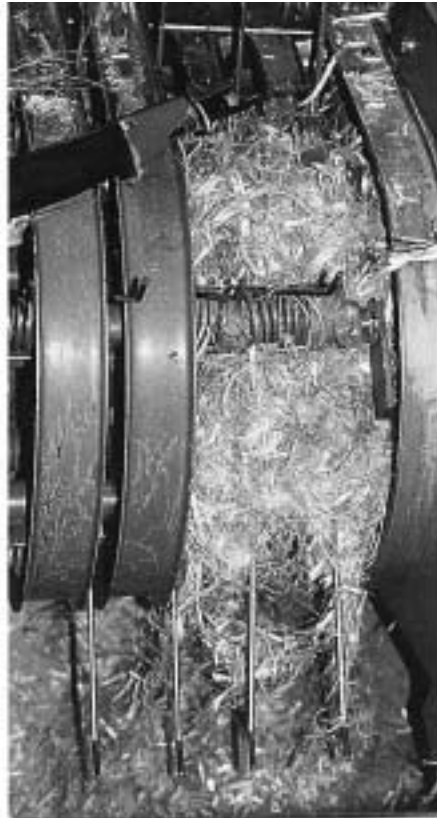
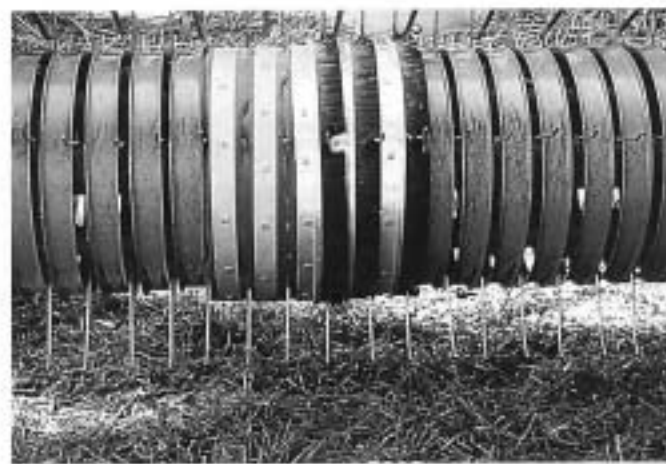


Abb. 9. Bei der Langpflanzenernte ist die Gefahr viel grösser, dass Wicklungen an den Zinkenführungen der Pickup auftreten als bei eingekürztem Erntegut (a). Versuche mit Abdeckungen (Kunststoffplatten und Bürsten) zwischen den Blechen konnten noch nicht im Grossflächeneinsatz geprüft werden (b). Andere Pickup-Systeme (mitlaufende Aufnahmetrommel, Zinkenbandsystem) dürften weniger Wickelprobleme mit sich bringen.



Schnittsysteme: Alle rotierenden Mähssysteme (Kreiselmäher, Scheibenmäher) haben sich infolge der starken Wickelneigung des Hanfes nicht bewährt. Geeignet sind gut gewartete Balkenmähwerke verschiedener Systeme wie Finger-, Doppelmesser-, «Schumacher-Mähwerke» hochwertiger Qualität (betrifft auch Mähdrusch) (Abb. 10). Beanspruchung (Nieten- und Messerbrüche) und Verschleiss (Schliff) sind dagegen grundsätzlich höher als bei den herkömmlichen Erntegütern. In gewissen Fällen und Situationen zeigt die Funktion von Balkenmähwerken ohne Haspel eine



Abb. 10. Wartung des Messerbal-kens: Was für Getreide und Raps noch lange gut genug ist, kann bei faserigem Hanf Probleme verursachen.

gewisse Wind- und Lagerempfindlichkeit.

Aufbereitung (Konditionierung): Verschiedene Versuche zeigten, dass nur einzelne Mähauflbereiter (mit Quetschwalzen) im Hanf einsetzbar sind. Die Erfahrungen sind nicht ganz einheitlich. Wenn teilweise auch ein deutlich früheres Erreichen der Vollröste nicht nachgewiesen werden konnte, so wird doch eine schnellere Abtrocknung des Erntegutes allgemein bestätigt. Starke Quetschung hatte allgemein höhere Schäbenverluste auf dem Felde zur Folge.

Wenden mit Heuwerbemaschinen: Für eine gleichmässige Röste und Abtrocknung der Schwaden ist ein mehrmaliges Wenden/Umlagern des Erntegutes unumgänglich. Bei nicht eingekürzten Hanfstengeln sind Heuwerbemaschinen mit kleinen Rotoren (Kreiselheuer) ungeeignet. Gut bewährt haben sich dagegen Kreisel-schwader in stabiler Auslegung (Abb. 11).



Abb. 11. Kreisschwader liessen sich für das Hanfwenden/-schwaden ohne Probleme einsetzen.



Abb. 12. Rundballenpressen (a) sind auch für die Bergung von Langpflanzenstroh geeignet. Da Schneidvorrichtungen bisher den Dienst versagten, bedingen Quaderballenpressen infolge der hohen Kolbenbeanspruchung für den Dauereinsatz eine Einkürzung der Pflanzen (b).

Strohbergung: Eine für die mechanische Decortisierung ausreichende **Röste** ist erreicht, wenn sich durch Knicken der Stengel die Faserbündel gut vom Holzteil (Schäben) trennen lassen. Für eine sichere **Lagerung** muss das Stroh zirka 80% Trockensubstanz aufweisen. Für die Strohbergung kommen in der Regel nur noch die **Grossballenverfahren** in Frage. Die Verarbeitungsbetriebe im Ausland haben sich infolge des günstigeren Transportes und der platzsparenden Lagerung vermehrt für Quaderballen entschieden. Im Gegensatz zu Rundballenpressen sind Quaderballenpressen infolge der grossen Beanspruchung (Presskolben) in der Regel aber nicht für das Langpflanzenverfahren geeignet (Abb. 12). Schneidvorrichtungen in Grossballenpressen konnten bisher bei Hanfstroh im Dauereinsatz nicht verwendet werden. Noch weitgehend ungelöst erscheint auch das Wickelproblem bei den herkömmlichen Pickup-Aggregaten (Abb. 9). Um Maschinenschäden vorzubeugen, sollte vor dem Einsatz in Hanf eine gezielte Umrüstung der Pressen in Betracht gezogen werden. Verschiedene Pressenhersteller haben bereits entsprechende **Umrüstsätze** (vor allem Verstärkungen und Wickschutzvorrichtungen) für Hanf in ihrem Angebot. Die Demontage für den Einsatz in den herkömmlichen Erntegütern ist nicht erforderlich. Für die **Feldlagerung**

sind die Grossballen ohne Bodenberührung (Feuchtigkeitsaufnahme) auf Roste (Rundholz) zu legen und mit Folie abzudecken.

In Abbildung 13 sind neben einem Beispiel der Langfaserlinie bereits praxistaugliche, aber auch vielversprechende noch im Entwicklungsstadium stehende Erntesysteme und -verfahren der Wirrfaserlinie und Körnergewinnung halbschematisch dargestellt:

A Langfaserlinie

A1 Beispiel: Ungarische Erntemethode

In Ungarn mit traditionellem Hanfbau ist die aktuelle Erntetechnik der Langfaserlinie zwar durch neuere Spezialmaschinen, jedoch immer noch durch einen hohen Handarbeitsaufwand gekennzeichnet. Das Verfahren der Nassröste bedingt weitgehend blattfreie Pflanzenstengel. Verbreitet ist die chemische Entlaubung mittels Agrarflugzeugen. Der Schnitt erfolgt zehn bis zwölf Tage später mittels russischer Hanf-Mähbinder. Die Garben werden anschliessend in Handarbeit zu «Kapellen» (grosse Puppen zu etwa vierzig Garben) aufgestellt. Nach dem Abtrocknen erfolgt das Pressen mit einer Spezialmaschine (mindestens vier Arbeitskräfte erforderlich). Die

Ballen (um 300 bis 400 kg) werden im Anschluss in grossflächige Wasserbehälter zur Nassröste (Umweltbelastung!) eingelegt. Ähnlich gestaltet sich der Ernteablauf auch in andern Ostländern.

B Wirrfaserlinie: Lang- und Kurzpflanzenenernte

B1 Langpflanzenenernte

In Versuchen an der FAT wurde als kostengünstigste und einfachste Lösung für den Schnitt ein Balkenmäherwerk (BCS) mit beweglichem Messer- und Fingerteil eingesetzt (Abb. 14). Für eine störungsfreie Schwadablage musste ein spezieller Schwadformer konstruiert werden.

B2 Langpflanzenenernte mit Aufbereitung

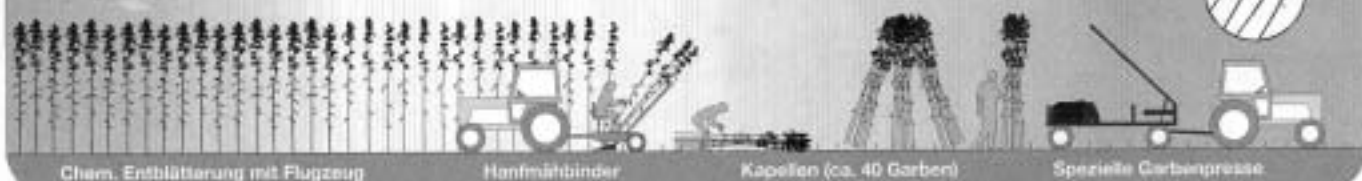
In Deutschland kommen abgeänderte Fortschritt-Schwadmäher mit Quetschwalzenpaar zum Einsatz. Diese Maschinen aus der ehemaligen DDR können derzeit kostengünstig erworben werden, bedingen aber verschiedene Modifikationen (Schnittbreite vermindern, Halmteiler und Halmabweiser montieren, Schliessen der Quetschwalzen, Abdecken der Antriebe). Wie auch bei verschiedenen



Erntesysteme und

A: Langfaserlinie

A1: Beispiel Ungarische Erntemethode



B: Wirrfaserlinie; Lang- und Kurzpflanzenernte

B1: Langpflanzenernte



B2: Langpflanzenernte mit Aufbereitung



B3: Kurzpflanzenernte System Scholz



B4: Kurzpflanzenernte System HempFlax



B5: Kurzpflanzenernte mit Vorentholzung System Nölke/Claas



Abb. 13.

-verfahren für Hanf

C: Wirrfaserlinie; Kombinierte Systeme

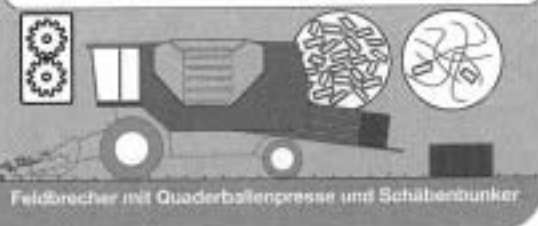
C1: Kurzpflanzen-/Blütenerte System Scholz



C2: Kurzpflanzen-/Kornernte System HempFlax



C3: Schälben-/Basternte



D: Kornernte

D1: Mähdrusch



D2: Strippdrusch



D3: Schwaddrusch



e + u + p l e x

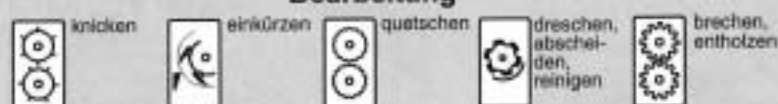
Erntestadien

Blütenstadium

Welkestadium / Kornreife

Stadium Vollröste

Bearbeitung



Gefahr Ernteverluste



Erntegüter





Abb. 14. Einfache Balkenmäherwerke können für das Hanfmähen eingesetzt werden (a). Für einen störungsfreien Betrieb musste ein spezielles Schwadbaleh konstruiert werden (b). Nachteilig sind die relativ geringe Arbeitsbreite und die Einschränkungen bei der Langpflanzenernte vor allem auf die Bergeverfahren und die Aufbereitungstechnik.

gezogenen Mähauflerern (Frankreich) bereiteten sehr hohe Bestände Schwierigkeiten. In Versuchen der FAT konnte mit einem gezogenen Mähaufler von New-Holland in 3 m hohen Beständen noch zufriedenstellend gearbeitet werden. Ebenso liegen auch erste Erfahrungen vor mit dem selbstfahrenden Mähaufler Fahr-Grasant, ausgerüstet mit einem Kemper-Champion-Erntevorsatz. Auch diese Maschinenkombination musste technisch abgestimmt werden.

B3 Kurzplanzenernte, Stufensystem Scholz

Dieses System kann der Forderung nach einer Einkürzung der Pflanzen relativ kostengünstig entgegenkommen. Nachdem nun mehrere zweifachschneidende Geräte im Praxiseinsatz stehen, wird nun auch ein Dreistufengerät mit verschiedenen Anbaumöglichkeiten am Traktor angeboten, das auch zur Blütenernte (s. Seite 15, C1) ausgebaut werden kann. Eine befriedigende Funktion bedingt höchstens geringe Windaufkommen.

B4 Kurzplanzenernte, System HempFlax

Seit 1995 kommt in den Niederlanden ein eigenständiges, nun auch in Deutschland bewährtes Erntesystem der Firma HempFlax zum Einsatz. Das Mähergerät besteht aus einem reihenunabhängigen Kemper-Champion Ernte-



Abb. 15. Die HempFlax-Erntetechnik hat sich bereits in verschiedenen Anbaubereichen im Ausland gut bewährt. Die Pflanzen werden nach dem Schnitt leicht geknickt und auf 60 cm eingekürzt (a). Der lockere Schwad (b) wird nicht gewendet, sondern mit einem speziellen Pickup-Gerät mehrmals gelüftet.

vorsatz, kombiniert mit einer sogenannten «Blackbox» von HempFlax zur Einkürzung der Stängel auf 60 cm. Als Trägerfahrzeug dient ein Steyr-Trägerfahrzeug oder ein anderer geeigneter Traktor mit Heckfahrausrüstung. Die Schwadablage erfolgt auf die 20 cm langen Stoppeln zwischen den Radspuren (Abb. 15). Ein von HempFlax selbst entwickelter «Wender», bestehend aus mehreren Pickup-Aggregaten für drei Schwaden,



hebt das Stroh an und legt es locker ohne Seitenversatz an der gleichen Stelle wieder ab. Als Vorteile im Vergleich zum Schwader werden die grössere Flächenleistung, eine geringere Verschmutzung und bessere Abtrocknung (keine Ablage in Radspuren) sowie geringere Schäbenverluste genannt.

B5 Kurzplanzenernte mit Vorentholzung (bzw. Grünentholzung), System Nölke/Claas

Beim Nölke-System wird ein Kemper-Champion-Erntevorsatz mit einem Claas-Jaguar-Feldhäcksler kombiniert. In Zusammenarbeit mit der Firma Claas wurde der Häcksler umgebaut. Änderungen an der Schneidtrommel ermöglichen eine **Vorentholzung** der eingekürzten Stengel. Die Schwadablage erfolgt zwischen die Spur. Bei Vergleichsversuchen in Weser-Ems konnte eine Vollröste früher als bei den Systemen mit Quetschwalze erreicht werden. Die Schäbenverluste waren allerdings grösser. Besonders interessant erscheint das System, wenn der Aufbereitungsgrad die Anforderungen für eine bestimmte Produktlinie (zum Beispiel im Baustoffbereich) erfüllen könnte und sich somit eine Weiterbearbeitung erübrigen würde. Die Firma Bassi in Italien realisierte erstmals in einem Prototyp das System der **Grünentholzung**. Nach Angaben des Herstellers ist diese Maschine erfolgreich bei Flachs und Hanf eingesetzt worden. Das Pickup nimmt die gemähten, noch grünen Pflanzen vom Schwad auf, die Auftrennung der Stengel in Bast und Holz erfolgt mechanisch. Das Erntegut wird wieder auf den Boden abgelegt. Die Schäben bleiben ebenfalls auf dem Feld zurück. Die Grünentholzung ermöglicht eine schnelle Abtrocknung des Bastes. Das Witterungsrisiko wird eingegrenzt, die Feldräumung kann frühzeitig erfolgen.

C Wirrfaserlinie: Kombinierte Systeme

C1 Kurzplanzenernte-/Blütenenernte, Stufensystem Scholz

Als Ergänzung wurde bei der ersten Schnittstufe eine Blütenerntevorrich-

tung konzipiert. In der Weiterbearbeitung des Erntegutes können dadurch sowohl bereits ausgereifte Körner als auch die Blütenblätter für die Gewinnung ätherischer Öle abgesondert werden.

C2 Kurzplanzenernte-/Körnernte System HempFlax

Auch wenn zum optimalen Pflanzenerntetermin noch nicht alle Körner ausgebildet und reif sind, bleiben bei der ausschliesslichen Stengelernte (B) beträchtliche Kornmengen auf dem Feld als Ernteverlust zurück und erhöhen in den Folgekulturen den Unkrautdruck. HempFlax ist bestrebt, ihren **Kurzplanzenerntevorsatz** (B4) mit einem **Mähdrösch** zu kombinieren, um die ausgereiften Körner im gleichen Arbeitsgang ernten zu können. Das vor dem Dreschwerk eingekürzte Erntegut dürfte hierzu günstige Voraussetzungen bieten. Der Mähdrösch müsste aber voraussichtlich trotzdem technisch modifiziert werden (s. Kasten, Seite 19).

C3 Schäben-/Basternte

Der Idee, schon ein Grossteil der Schäben auf dem Feld abzusondern und zu sammeln, liegen die höhere Wertschöpfung und die Minimierung

der Transportkosten zugrunde. Hierzu ist zu bedenken, dass bis zu zirka 5 t/ha Schäben – ein begehrter Rohstoff für verschiedene Produkte (Marktpreis in Deutschland um 0,4 DM/kg) – anfallen. So arbeitet zum Beispiel die Firma **Rohemp** (Österreich) an der Entwicklung eines **mobilen, stationär betriebenen Hanfbrechers mit Quaderpresse und Schäbenabsonderung**. Die Firma **Claas** stellte schon vor Jahren einen selbstfahrenden **Vollernter für Flachs** vor. Diese Maschine ist mit Pickup, Dreschwerk, Brechwerkzeugen, Kornbunker und Quaderballenpresse ausgerüstet. Die Schäben können nicht gesammelt werden und bleiben auf dem Feld zurück. Eine Umrüstung für Hanf ist grundsätzlich denkbar. Bei einer günstigen Entwicklung des Hanfanbaues dürfen für die nächsten Jahre Maschinen wie in Abb. 13, C3 dargestellt, erwartet werden.

D Körnernte

D1 Mähdrusch

Der Mähdrusch (Abb. 16) von Hanf ist vor allem **ohne spezielle Ausrüstungen** aus folgenden Gründen (Erfahrungen von 1995 bis 1997) problematisch:

- Ungleichmässige Abreife.
- Früher Drusch: Feuchtigkeit von Stengel und Körner hoch, Gefahr des



Abb. 16. Besonders beim Einsatz von herkömmlichen Mähdröschern ist zunächst entscheidend, dass der Erntetermin nicht allzu lange hinausgeschoben wird, da sich sonst hohe Ausfallverluste und technische Probleme einstellen können.



Abb. 17. Vor allem bei grünen Pflanzen müssen kritische Stellen (zum Beispiel Schüttleroberfläche) im Mähdrescher immer wieder überprüft und allenfalls gereinigt werden.

Verklebens und Zusetzen der Dreschaggregate (Abb. 17).

- Späte Ernte, hohe Ausfallverluste, starke Wickeltendenz besonders an Dreschtrommel (Stengel werden aufgefasernd, Abb. 18).

- Haspelarbeit unbefriedigend. Vor allem bei den grösseren Reihenweiten und geringeren Saatsmengen, beträchtliche Schneidwerkverluste durch ausfallende Körner und nach vorne abgleitende Stengelteile.

- Starke Wickeltendenz an Wellenenden (vor allem bei der Dreschtrommel; Gefahr von Lagerschäden, Abb. 19).

- Bedarf an Antriebsleistung (Dreschtrommel) sehr hoch, starke Maschinenbeanspruchung.

- Hohe Verluste durch unreife, nicht ausdreschbare Grünkörner.

- Hoher Handarbeitsaufwand für die Reinigung zahlreicher Arbeitsaggregate schon nach kurzen Drescheinsätzen (Abb. 20).



Abb. 18. Bei später Ernte tendieren die Stengel sehr stark zum Auffasern. Bei starken Wicklungen an der Dreschtrommel muss der Mähdrusch mit Tangentialdreschwerken eingestellt werden.

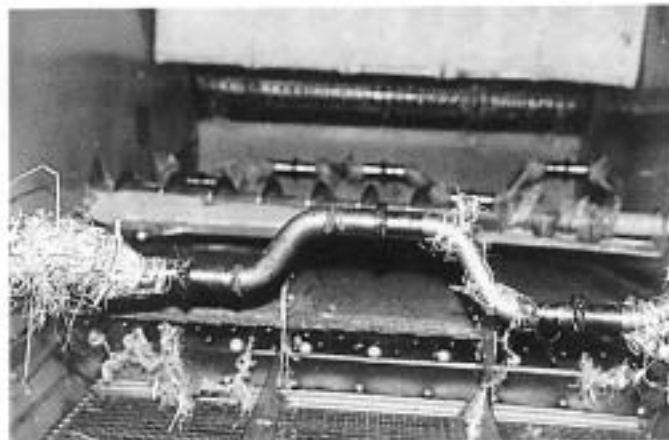


Abb. 19. Besonders «wickelgefährdet» sind die Lagerstellen der Dreschtrommel. Nicht beseitigte Wickler können schon nach kurzer Zeit Lagerschäden zur Folge haben.



So konnten in Versuchen mit herkömmlicher Ausrüstung im Vergleich zur Handernte (praktisch verlustfrei) nur um 50 bis 60% der Körner geerntet werden (Abb. 21). Durch spezielle **technische Änderungen** und Ergänzungen lassen sich aber die Verluste beträchtlich vermindern und ein Grossteil der oben aufgezeigten Probleme umgehen (s. Kasten, Seite 19 «Hinweise zum Hanfmähdrusch»). Allerdings wurden keine Massnahmen gefunden, um beim herkömmlichen Tangentialdreschsystem in kritischen Situationen (späte Ernte, hohe Bestände, kein Hangfahrwerk) Wicklungen an der Dreschtrommel (bzw. Blockierungen) zu vermeiden. Ganz offensichtlich wird die Wickelneigung durch die gegenläufigen Rippen der Dreschleisten verstärkt. Eventuell könnte eine Ausrüstung mit flachen Dreschleisten Vorteile bringen. Mit **Axialmähdreschern** von Case konnte dagegen auch unter solchen Bedingungen ohne Wickelprobleme gearbeitet werden.

Positive Erfahrungen wurden in der Schweiz beim Einsatz eines **Hangmähdreschers** Abb. 13. D1 (b) mit Vollausgleich gemacht (Abb. 22). Durch die Möglichkeit des ausfahrbaren Fahrwerkes (in der Regel ist eine Änderung an der Hydrauliksteuerung erforderlich) kann die Schnitthöhe (bis 2,3 m) den Hanfbeständen ideal angepasst werden, was eine Verbesserung des Erntegutflusses und Verminderung des zu verarbeitenden Faseranteils sowie der Verluste bei der Strohhabung mit sich bringt.

Abb. 20.
Bei Hanf muss der Reinigungs-
aufwand für den
Mähdrusch viel
höher als etwa
bei Getreide an-
gesetzt werden.

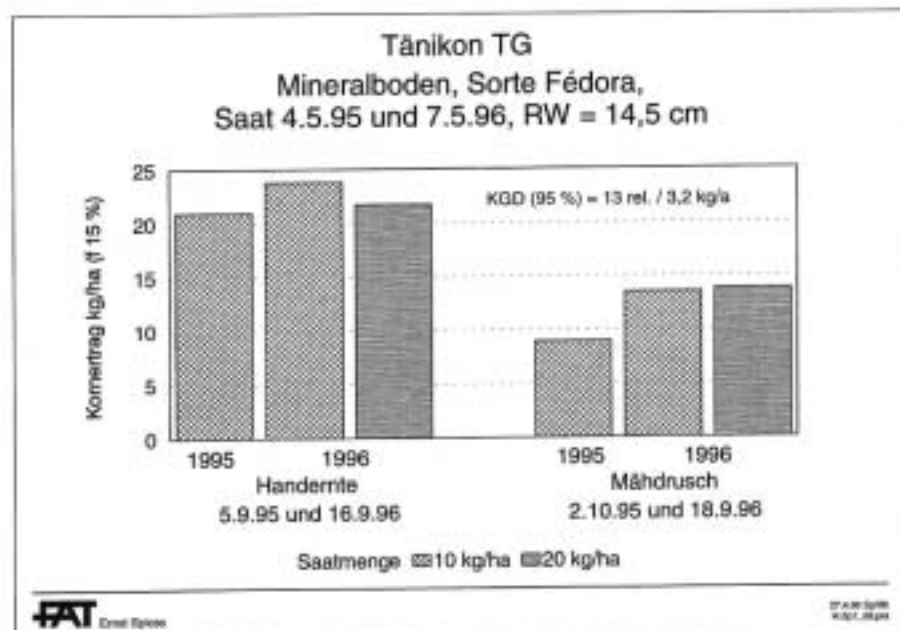


Abb. 21. Versuche zeigen, dass beim Mähdrusch mit herkömmlicher Schneidwerkzeugausrüstung im Vergleich zur Handernte (praktisch verlustfrei) nur um 50 bis 60% der Körner geerntet werden können.

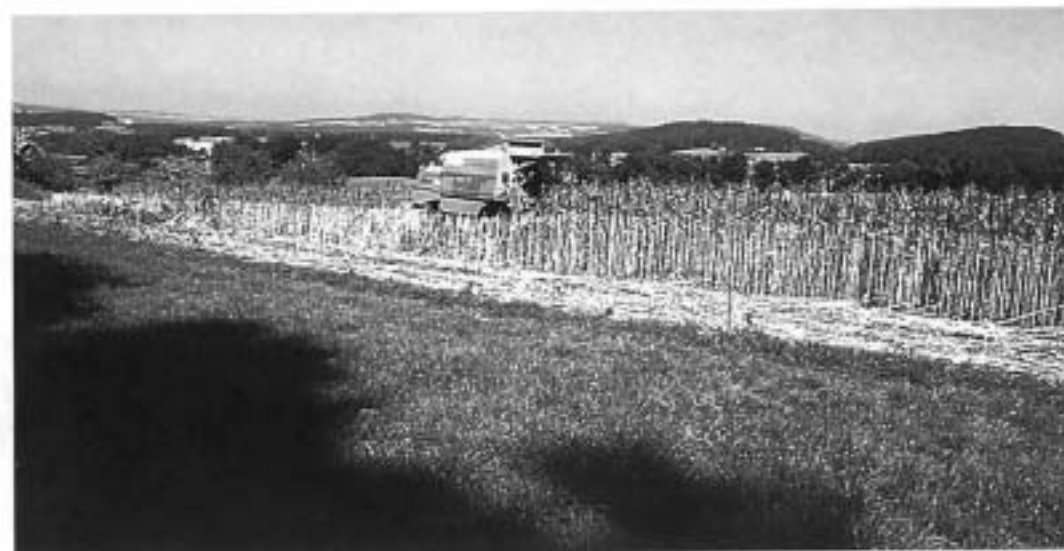


Abb. 22.
Positive Erfahrungen
liegen mit dem Einsatz
eines Hangmäh-
dreschers mit Vollaus-
gleich vor (Firma
Schwaninger, Hallau
SH). Durch die Mög-
lichkeit des ausfahrbaren
Fahrwerkes kann die
Schnitthöhe (bis 2,3 m)
den Hanfbeständen
ideal angepasst werden,
was eine Verbesserung
des Erntegutflusses
und Verminderung des
zu verarbeitenden
Faseranteils zur Folge
hat.

D2 Strippdrusch

1997 wurden in Brandenburg und auch in Italien erstmals vielversprechende Erfahrungen mit dem Strippdrusch (Shelbourne-Reynolds) bei Flachs gemacht. Bei hoher Flächenleistung konnten die Kapsel- und Strohverluste im Vergleich zum Mähdrusch beträchtlich reduziert werden. In Italien (Reggio-Emilia, Toscana) werden 1998 erste Versuche mit dem Strippdrusch auch im Hanf unternommen. Auch hier dürften die hohen Pflanzenbestände einen Mähdrusch mit Vollhangfahrwerk erforderlich machen.

D3 Schwaddrusch

Im Hinblick auf die ungleichmässige Abreife und die vorzeitigen Ausfallverluste haben wir auch einen Versuch mit dem Schwaddruschverfahren (wird in Frankreich teilweise mit Spezialmaschinen praktiziert) unternommen (Abb. 23). Für das Schwadmähen dürfte sich ein schonend arbeitender Schwadmäher ohne Aufbereitung mit langem Schneidwerk und Bandförderung, dreiteiliger Haspel sowie abgestimmten Halmtellern am besten eignen. Die Erfahrungen zeigen, dass eine ausgeglichene Kornreife ohne Wenden in wenigen Tagen erreicht

werden kann. Die Zielsetzungen wie gleichmässige Abreife praktisch ohne Ausfallverluste, keine Grünkörner und trockenes Stroh liessen sich damit zwar erreichen. Die Stengel tendierten beim Dreschen jedoch extrem stark zum Ausfasern, was den Einsatz von Mähdreschern mit Tangentialdreschwerk infolge sich sofort einstellender Trommelwickler verunmöglichte. Der Axialmähdrusch (CASE 1660) arbeitete auch hier störungsfrei. Über Erfahrungen im Grossflächeneinsatz liegen in der Schweiz allerdings noch keine Erfahrungen vor.

Arbeitswirtschaftliche Aspekte

Die Arbeiten, die im Verlaufe des Frühjahrs und Sommers anfallen, unterscheiden sich nur unwesentlich von denjenigen im Getreidebau. Bodenbearbeitung, Düngung und Saat können mit der üblichen Mechanisierung erledigt werden. Auf Spritzeinsätze ist in der Regel zu verzichten. Der Beikrautdruck ist unbedeutend, Pilzkrankheiten und Insektenschäden sind nicht zu erwarten.

Ein grösserer Arbeitszeitbedarf tritt bei den Erntearbeiten ein. Für das Mähen

und Pressen des Hanfstrohs wie auch für den Drusch der Hanfkörner ist aus Kostengründen Lohnarbeit zu wählen. Betriebe, die Hanfprodukte verarbeiten, sind im Moment noch selten. Damit ergeben sich für die Erntegüter grössere und zeitraubende Abfuhrwege (Tab. 4).

Tabelle 4. Arbeitszeitbedarf je Hektare und Jahr (ohne Restzeiten)

Strohproduktion, 90 dt TS/ha	23,3 AKh
Körnerproduktion, 9 dt TS/ha	17,7 AKh
Kombinierte Produktion Stroh, 70 dt TS/ha Körner, 9 dt TS/ha	25,5 AKh

Wirtschaftliche Beurteilung

Der wirtschaftliche Erfolg des Hanfanbaus ist noch ungewiss. Sowohl für das Hanfstroh als auch für die Hanfkörner existiert noch kein gut eingespielter Markt. Der zu erreichende Verkaufserlös für die Ernteprodukte ist entscheidend, ob und in welchem Ausmass sich der Hanfanbau in Zukunft durchsetzen wird. Tabelle 6 zeigt die Kosten- und Ertragsstruktur. Dabei ist ersichtlich, welche Preise für die Ernteprodukte erreicht werden müssen, um wirtschaftlich mit Weizen konkurrenzfähig zu sein.

Die Hilfsstoffkosten liegen bei Hanf tiefer als bei Weizen, weil keine Pflanzenschutzmittel benötigt werden und zudem der Düngeraufwand geringer ist. Dagegen sind die Saatgutkosten um 25 bis 150% höher.

Die Körner werden mit zirka 25% Wasser geemtet. Die zur Haltbarkeit nötige Abtrocknung auf 12% Wasser verursacht inklusive Annahmgebühren Kosten von Fr. 17.30 je dt Trockensubstanz.

Bei den ausgewählten Arbeitsverfahren (Tab. 5) überwiegen die Erntekosten. Die verwendeten Ansätze für die Lohnarbeiten sind marktwirtschaftlich noch nicht eingespielt. Für die Bodenbestellung, Saat und Düngung sind die üblicherweise auf einem Betrieb mit



Abb. 23. Geringe Verluste und trockenes Erntegut frei von Grünkörnern sind die wesentlichen Vorteile des Schwaddrusches. Das starke Ausfasern der trockenen Stengel führte aber beim Tangentialdreschwerk zu einem extrem starken Wickeln an der Dreschtrommel.

Hinweise zum Hanf-Mähdrusch

Technische Vorbereitung

- **Messerbalken** sorgfältig warten.
- Standardmässige Hochschnittmesserbalken verursachen – bedingt durch die relativ grossen Fingerabstände – hohe **Stengelfibrationen**. Allenfalls sollte daher auch der Einsatz von Doppelmesserschneidwerken mit enger Klingenteilung und eventuell auch einfache Sonnenblumen-Ausrüstungen (ohne Einzugsrotor) geprüft werden.*
- Lange **Halmteiler** verwenden.
- Wickelschutzvorrichtungen (aufgeschlitztes Kunststoffrohr) an Haspelstegen anbringen.*
- Nur mit drei statt sechs **Haspelstegen** arbeiten.*
- **Haspelzinken** allenfalls durch Gummilappen abdecken oder ersetzen.*
- Gegebenenfalls die maximale **Schnitthöhe** vergrössern durch Verlegung der Anlenkpunkte für die Plattformhydraulikzylinder (bei Vollhang-Mähdrusch nicht erforderlich!)*
- **Dreschtrommel-Abdeckbleche** (Mais) vermindern die Wickelgefahr im Bereich der Trommellager, erschweren aber andererseits die Zugänglichkeit.
- **Universaldreschkorb** (Teilung liegt zwischen Getreide und Mais) ist für Hanf ideal.*
- Vor allem die **Lagerstellen** schnelllaufender Aggregate durch **Wickelschutzvorrichtungen** schützen (Abb. 24). Besonders gefährdet sind die Lagerstellen der Dreschtrommelwelle. Alternative oder allenfalls Ergänzung: Öffnung zum Strohelevator beidseitig verengen und eventuell Windungen der Einzugsschnecke entsprechend verlängern, so dass Erntegut kaum mehr mit Lagerstellen und Kettenrädern in Kontakt kommt. Die Dreschleistung wird durch diese Massnahme aber herabgesetzt. Elevatorkettenräder können auch geschützt werden, indem zwischen Kette und Elevatorleisten solides Planenmaterial/Gummituch montiert wird.*
- **Schüttlerhilfen** (Rafferzinken, Zinkenrotor) allenfalls ausbauen.
- **Vorbereitungsboden** (wenn Stahlblech) mit Innoxblech oder Kunststoff (Teflon) belegen.*
- **Häckslerbetrieb** ist infolge Wickelgefahr nicht möglich

* Erst zweckmässig bei spezialisiertem bzw. grössenflächigem Einsatz

Beim Dreschen beachten

- **Erntetermin** so früh als möglich bzw. wenn Körnerausfall einsetzt.
- **Maschineneinstellung** ähnlich Raps (Einzugszinken [im Problemfall ausbauen] nicht auf Griff, Trommeldrehzahl niedrig, aber etwas schärfer dreschen, Wind wenig stärker, Spritztücher hochstellen).
- **Schnitt** möglichst hoch (Vollhang-Mähdrusch vorteilhaft), so dass die untersten Samenstände gerade noch erfasst werden. Pflanzen bei angepasster Haspeldrehzahl wenn möglich ziehen (nicht stossen).
- Bei zügiger **Fahrweise** gleiten die Samenstände leichter in die Schneidwerkmulde.
- **Verlustkontrolle** am Boden: Besonders auch auf Ausdruschverluste achten. Für befriedigende Erträge müssen auch die Grünkörner mitgeerntet werden.
- Kabinentüre und Fenster nicht schliessen. Lager können innerhalb Minuten heisslaufen. Bei **Geruchwahrnehmung** (Wärmeentwicklung!) Lagerstellen sofort überprüfen und allfällige Wickler herauschneiden (auf keinen Fall Schweißbrenner benutzen!).
- Periodische **Kontrolle** aller Aggregate. Kritische Stellen (Vorbereitungsboden, Schüttlerbeläge) allenfalls reinigen.
- **Korntank** nur teilweise füllen (Gefahr Brückenbildung).
- Körner sofort **belüften/trocknen** (max. Feuchtigkeit 12%).

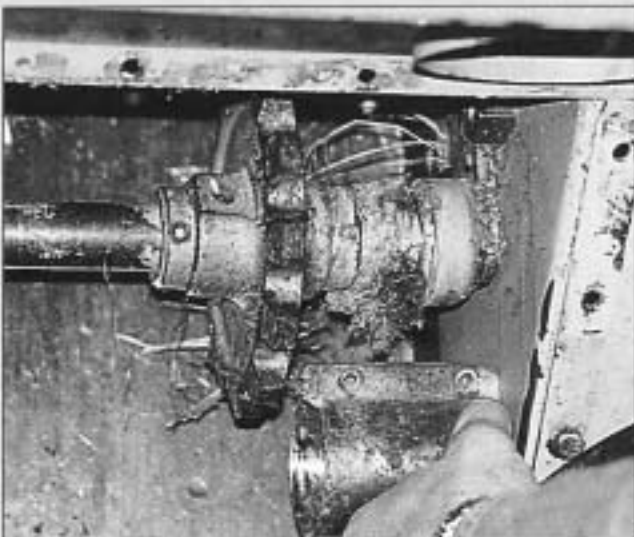


Abb. 24. Wirkungsvoll geschützte Lagerstelle mit fester Abdeckung. Um die Welle und Lager gelegte (nicht befestigte) Kunststoff-Rohrabschnitte erwiesen sich dagegen als ungenügend.

Tabelle 5. Ausgewählte Arbeitsverfahren und Maschinen für Vergleich Weizen zu Hanf

Maschinen und Geräte	Besitz-, Einsatzart	Weizen Stroh und Körner	Stroh	Hanf Körner	Stroh und Körner
Zugkräfte					
Traktor, 4-Radantrieb, 41 kW	E				
Traktor, 4-Radantrieb, 60 kW	E				
Pflügen					
Pflug, 3-scharig	E				
Eggen					
Kreisellegge, 3 m	E				
Grunddüngung					
Schleuderstreuer, bis 500 l, 2 Durchgänge	E				
Saat					
Drillsämaschine, 3 m	E				
Kopfdüngung					
Schleuderstreuer, bis 500 l, 2 Durchgänge	E				
Schleuderstreuer, bis 500 l, 3 Durchgänge	E				
Pflanzenschutz					
Feldspritze, 12 m	E				
Körnerernte					
Mähdrescher	L				
Strohernte					
Mähmaschine, speziell	L				
Hochdruckpresse	L				
Quaderballenpresse	L				
Frontlader	E				
Transporte					
Pneuwagen, 8 t	E				
Walzen Stroh					
Raufwalze, 3 m	E				

Eingesetzte Maschinen
Besitz- und Einsatzart Maschinen

E: Eigentum, L: Lohnarbeit

Ackerbau vorhandenen Maschinen verwendbar. Spezielle, wegen des Hanfs notwendige Investitionen drängen sich für den einzelnen Betrieb nicht auf.

Die Arbeit ist mit 23 Franken je Stunde bewertet. Die Verfahren mit Strohnutzung verursachen dabei mit 536 und 587 Franken höhere Arbeitskosten als Weizen mit 449 Franken. Etwas tiefere Arbeitskosten sind bei der reinen Produktion von Körnerhanf zu erwarten, 407 Franken je Hektare. Die Restzeiten sind dabei nicht eingeschlossen.

Die Direktzahlungen, welche die Produktion auslösen, tragen wesentlich zur Wirtschaftlichkeit der Hanfproduktion bei. Für 1999 wurde mit folgenden Beiträgen je Hektare gerechnet: 1250 Franken allgemeine Direktzahlungen und 1500 Franken für nachwachsende Rohstoffe (Tab. 6).

Um mit der Wirtschaftlichkeit von Weizen gleich zu ziehen, ist ein Strohpreis von 37 Franken je dt Trockensubstanz erforderlich. Bei der Körnerproduktion kommen wir auf 237 Franken je dt Trockensubstanz. Bei der kombinierten Produktion von Stroh und Körnern

wird beim obigen Preis für die Körner ein Strohpreis von 23 Franken je dt Trockensubstanz notwendig.

Wirtschaftlich sind drei Faktoren für die Vorzüglichkeit des Hanfes wichtig: Kosten der Lohnarbeiten, Sicherheit der Direktzahlungen und die erzielbaren Preise für das Stroh und die Körner.

Schlussfolgerungen und Perspektiven

Hanf als Kulturpflanze eignet sich sehr gut für einen umweltfreundlichen Anbau in der Schweiz. An den passenden Standorten und mit den empfohlenen Sorten, einfachen Saatechniken und Düngung kann der Hanf ohne jegliche Pflege (Bekämpfung von Unkraut, Krankheiten und Schädlingen) angebaut werden.

Die Erntetechnik ist gekennzeichnet durch eine Vielfalt von Systemen und Verfahren besonders im Bereiche der Faserernte. Nebst den einfacheren,

bereits praxistauglichen Lösungen befindet sich davon ein Grossteil noch in der Entwicklung. Interessante Möglichkeiten zeichnen sich dabei ab bei der kombinierten Faser-/Körner-/Blütennutzung und der Feldentholzung verbunden mit Schäbengewinnung. Im Vordergrund steht eine höhere Wertschöpfung schon auf der Produktionsstufe und Verminderung der Transportkosten. Für die Körnerernte bietet sich zunächst der Mähdrescher als bereits vorhandene Maschine an. Ohne spezielle Ausrüstungen ist sein Einsatz bei Hanf aber kaum tragbar. Der Schwadddrusch erfordert eine spezielle Technik, zeigt aber vor allem im Hinblick auf die Verlustminderungen einige vielversprechende Vorteile.

Die Gewinnung von Hanffasern ist nur mit Faseraufschlussanlagen möglich, die aber in der Schweiz nicht mehr bzw. noch nicht existieren. Hanffasern können wahrscheinlich am rentabelsten in Verbundwerkstoffen eingesetzt werden. Möglich ist auch der Einsatz in der Bau-, Zellstoff- und Textilindustrie. Zur Zeit laufen vielversprechende Forschungsprojekte in diesem Bereich. Hanfschäben fallen als Nebenprodukt der Fasergewinnung an. Sie können als Bau- und Isolationsstoff sowie als Einstreu Verwendung finden.

Der Verfügbarkeit von regionalen Faseraufbereitungsanlagen kommt eine zentrale Bedeutung zu, vor allem wenn Faserprodukte mit hoher Wertschöpfung am Ende der Produktionskette angestrebt werden. Bisher hat sich auch im Ausland noch nicht klar abgezeichnet, welche Organisationsform (Einzellandwirt, Genossenschaft, Lohnunternehmer, Privatfirma, weiterverarbeitende Industrie) auf dieser Stufe aktiv werden soll. Aus Sicht der landwirtschaftlichen Produktionsstufe sprechen gute Gründe für eine Aufbereitungs-Genossenschaft auf Produzentenbasis: Höhere Wertschöpfung und Gewinne, grössere Flexibilität, geringere Abhängigkeiten, kostengünstige Infrastrukturen (Gebäude, Umschlagsplätze) oft bereits vorhanden und allenfalls zusätzliche Beschäftigungsmöglichkeiten in den Herbst- und Wintermonaten. Dabei würden grössere Produktionsvolumen einen vorteilhafteren Markteinstieg ermöglichen. Da der Strohtransport über weite Strecken zu kostenintensiv ist, wäre ebenso der Aufbau von mobilen Fa-

Tabelle 6. Kosten- und Leistungsvergleich Weizen/Hanf
Benötigte Preise für Hanfprodukte bei gleicher Wirtschaftlichkeit

Ernteprodukte		Weizen Körner und Stroh	Hanf		
			Stroh	Körner	Körner und Stroh
Naturalerträge je ha					
Körner		64 dt		9 dt TS	9 dt TS
Stroh		45 dt	90 dt TS		70 dt TS
Arbeitszeitbedarf je ha ohne Lohnarbeiten		19,5 Akh	23,3 Akh	17,7 Akh	25,5 Akh
Zuteilbare Kosten, inklusive Arbeit	Fr./ha	2456	3098	1872	3453
Hilfsstoffe	Fr./ha	866	962	571	736
Dünger	Fr./ha	316	302	241	241
Saatgut	Fr./ha	264	660	330	495
Herbizide	Fr./ha	161			
Hagelversicherung	Fr./ha	125			
Annahme- und Trocknungskosten	Fr./ha	310		156	156
Kosten Maschinen und Zugkräfte	Fr./ha	831	1600	738	1974
Eigene Maschinen und Zugkräfte	Fr./ha	246	335	238	349
Lohnarbeiten	Fr./ha	585	1265	500	1625
Arbeitskosten	Fr./ha	449	536	407	587
Kostenansatz: Fr. 23,-/h	Fr./ha	449	536	407	587
Direktzahlungen*	Fr./ha	1250	2750	2750	2750
Flächenbeitrag	Fr./ha	1250	1250	1250	1250
Beitrag nachwachsender Rohstoff	Fr./ha		1500	1500	1500
Leistung Verkaufsprodukte (bei Hanf für gleiche Wirtschaftlichkeit)	Fr./ha	4221	3363	2137	3718
Körner	Fr./ha	3726		2137	2137
Stroh	Fr./ha	495	3363		1581
Deckungsbeitrag	Fr./ha	3015	3015	3015	3015
Notwendige Preise für Hanfprodukte bei gleicher Wirtschaftlichkeit wie Weizen					
Körner	Fr./dt TS			237	237
Stroh	Fr./dt TS		37		23

TS: Trockensubstanz

* Direktzahlungen abgestützt auf Entwurf Direktzahlungs- und
 Ackerbaubetragsverordnung 1999

seraufbereitungslinien in Betracht zu ziehen. Gerade in diesem Bereich könnten auch Lohnunternehmer ein neues, interessantes Betätigungsfeld finden.

Hanfsamenöl weist sehr interessante Eigenschaften für den Einsatz als Speiseöl, im Kosmetikbereich und in der Medizin auf. Möglich ist auch seine Verwendung zur Herstellung von Tensiden (Waschmittel) oder als Treibstoff. Hanföl kann mit bestehenden Anlagen (Kaltölpresse) gewonnen werden.

Ätherisches Hanföl ist ein interessantes Produkt für die Lebensmittel- und Kosmetikindustrie sowie für die Aromatherapie. Da es sich um einen ganz neuen Rohstoff handelt, sind noch Abklärungen bezüglich Verträglichkeit und Wirkung nötig. Der Einsatz von Hanf als Medikament dank seinem THC-Gehalt ist eine weitere Nutzungsmöglichkeit, die aber juristisch und von der Interkantonalen Kontrollstelle für Heilmittel (IKS) einwandfrei abgeklärt werden muss. Darin könnte sich ein interessanter Markt entwickeln.

Um negative Überraschungen möglichst auszuschliessen, sind schon vor der Aufnahme eines Hanfprojektes (Anbau, Verarbeitung) unbedingt grundsätzliche Vorabklärungen und Kostenrechnungen vor allem in folgenden Punkten angezeigt:

- Absatzmöglichkeiten für die Rohprodukte, geforderte Qualitäten und Quantitäten, allenfalls vertragliche Liefervereinbarungen (Termin, Menge, Qualität, Preis).
- Technische Lösungen möglichst an bereits bestehenden Objekten sorgfältig prüfen und vergleichen.
- Organisationsform der Zusammenarbeit; verbindliche Reglemente im Detail ausarbeiten.

**Landwirtschaft und Industrie
sind nun gefordert, die
Chancen zu nutzen.**

Dank

Diese Arbeiten wurde zum Teil im Rahmen eines Projektes des *Institut Transfrontalier d'Application et Développement Agronomique* (ITADA) durchgeführt. Wir bedanken uns bei der baden-württembergischen und elsässischen Trägerschaft, beim Bundesamt für Wirtschaft und Arbeit und den Kantonen Aargau, Basel-Stadt, Basel-Land und Solothurn für die finanzielle Unterstützung.

Literatur

Ayuso S., 1996. Faseraufschluss bei Hanf. Ansätze für einen ökologischen Vergleich verschiedener Aufschlussverfahren für die textile Nutzung. 1. Auflage, nova-Institut Hürth, 11.

Becker-Dillinger J., 1928. Handbuch des Hackfruchtbaus und des Handelspflanzenbaus. Paul Parey, Band 2.

Bösch I., Karus M., 1997. Der Hanfanbau, Botanik, Sorten, Anbau und Ernte. C.F. Müller Verlag, Heidelberg.

De Meijer E.P.M., 1993. Evaluation and verification of resistance to Meloido-

gyne hapla chitwood in a Cannabis germplasm collection. Euphytica 71. De Meijer E.P.M., 1995. Fibre hemp cultivars: A survey of origin, ancestry, availability and brief agronomic characteristics. Journal of the International Hemp Association 2 (2).

De Meijer E.P.M., Van der Kamp H.J. und Van Eeuwijk F.A., 1992. Characterisation of Cannabis accessions with regard to cannabinoid content in relation to other plant characters. Euphytica 62.

Eidgenössische Landwirtschaftliche Versuchsanstalt Zürich-Oerlikon und Vereinigung «Flachs und Hanf», 1943. Anleitung für den Anbau von Flachs und Hanf. Die Grüne.

Grashorn C., 1998. Hanfernte mit modifiziertem Fortschritt-Grasmäher. Fachtagung Technologien zur Ernte und Erstverarbeitung der einheimischen Faserpflanzen Flachs und Hanf, Leipzig.

Keller A., 1997. Biologisch abbaubare Verbundwerkstoffe. Nutzung von Pflanzenfasern. FAT-Berichte Nr. 503.

Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau, 1998. Gewerbliche Nutzung von Hanf.

Lohmeyer D., 1967. Die Hanfernte. Statusbericht und Ausblick, 2. Auflage, nova-Institut Hürth bei Köln, 6/97.

Lohmeyer D., 1998. Anbau und Ernte von Hanf in Ungarn. Fachtagung Technologien zur Ernte und Erstverarbeitung der einheimischen Faserpflanzen Flachs und Hanf, Leipzig.

Löwe R., 1998. Die Ernte von Flachs mit alternativen Ernteverfahren in Brandenburg. Fachtagung Technologien zur Ernte und Erstverarbeitung der einheimischen Faserpflanzen Flachs und Hanf, Leipzig.

Martens R., 1998. Ergebnisse des Maschinenvergleiches Hanfernte. Fachtagung Technologien zur Ernte und Erstverarbeitung der einheimischen Faserpflanzen Flachs und Hanf, Leipzig.

Martinov M., Berenji J., Sad N. und Markovic D., 1997. Bedeutung des

Faserpflanzenanbaus in Jugoslawien am Beispiel der Hanfanbautechnologie. VDI/MEG Kolloquium Agrartechnik Bonn, 6./7. August, Heft 22.

McPartland J.M., 1997. Cannabis as a repellent and pesticide. Journal of the International Hemp Association 4 (2).

Mediavilla V. und Steinemann S., 1997. Essential oil of Cannabis sativa L. strains. Journal of the International Hemp Association 4 (2).

Mediavilla V., Bassetti P., Konermann M., Schmid-Slembrouck I., 1998. Optimierung der Stickstoffdüngung und Saatmenge im Hanfanbau. Agrarforschung 5 (5).

Mediavilla V., Derungs R., Känzig A. und Mägert A., 1997. Qualität von Hanfsamenöl aus der Schweiz. Agrarforschung 4.

Meier Ch. und Mediavilla V., 1997. Factors influencing the yield and the quality of essential hemp oil (Cannabis sativa L.). Journal of the International Hemp Association 5 (1); in Druck.

Meyer O., 1998. Ernte- und Aufbereitungstechnologien für Faserpflanzen im Hunsrück – ein Erfahrungsbericht. Fachtagung Technologien zur Ernte und Erstverarbeitung der einheimischen Faserpflanzen Flachs und Hanf, Leipzig.

Paulitz J., 1998. Hanferntetechnik aus Sachsen. Fachtagung Technologien zur Ernte und Erstverarbeitung der einheimischen Faserpflanzen Flachs und Hanf, Leipzig.

Reitz P., 1998. Persönliche Mitteilung zur Erntetechnik von nachwachsenden Rohstoffen. Claas-Engineering, D-Harsewinkel.

Sell J. und Thalmann P., 1998. Anbau und Verarbeitung von Hanf als nachwachsendem Rohstoff – sein Potential für die Schweizer Industrie. EMPA-Bericht 115/37.

Serafin F. und Ammon H.U., 1996. Notwendigkeit und Möglichkeiten der Unkrautbekämpfung in Kenaf, Chinaschilf und Hanf. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XV.

Weitere Informationen und Adressen

Informationssystem Nachwachsende Rohstoffe INARO,
Internet: www.inaro.de
Post: INARO c/o FAL-Reckenholz,
V. Mediavilla,
Postfach, CH-8046 Zürich
Telefon: ++41 1 3 777 267,
Fax: ++41 1 3 777 201