2. Stand des Wissens bei Hanf

2.1. Biologie des Hanfes

Der Hanf gehört zur Familie der *Moraceae* (Maulbeerbaumgewächse, **Reuter, 1987**). Die Gattung *Cannabis* hat nur die eine Art, *Cannabis sativa* L. Hanf hat eine Chromosomenzahl von 2n = 2x = 20. Die Art wurde in vier Varietäten, die alle nahe verwandt und leicht miteinander kreuzbar sind, unterteilt:

var. *vulgaris* = gewöhnlicher Hanf;

var. *indica* = indischer Hanf;

var. *gigantea* = Riesenhanf;

var. *ruderalis* = wilder Hanf (**Mansfeld, 1986; Schuster, 1986**).

Die Unterteilung der Gattung ist umstritten und kann auch anders erfolgen (**Small, 1979; Reuter, 1987**). Beim Hanf werden südliche Rassen (lang und spätreif) und nördliche Rassen (niedrig und frühreif) unterschieden, wobei die nördlichen Hanftypen photoperiodisch Langtagsformen und die südlichen Kurztagsformen sind (**Hoffman u.a., 1985**).

Der Hanf stellt eine in Kultur genommene Wildpflanze dar. Veränderungen gegenüber der Wildpflanze hinsichtlich Fasergehalt und -ertrag, Strohertrag, Qualität sowie bezüglich anderer Werteigenschaften wurden vorgenommen, was sich in einer Vielzahl von den von Züchtern geschaffenen Hanfsorten niederschlägt.

Hanf ist einjährig. Als ursprüngliche Form gilt die diözische Form. Beim Hanf ist das weibliche Geschlecht homogametisch, das männliche dagegen heterogametisch. Die beiden Geschlechter sind im Wuchstyp deutlich zu unterscheiden. Die männliche Hanfpflanze hat den Genotyp XY, wobei das Y-Chromosom sowohl den Habitus als auch das Geschlecht bestimmt. Es treten recht häufig monözische Pflanzen und andere intersexuelle Typen auf. Monözisten haben wie weibliche Pflanzen nach **von Sengbusch (1952)** zwei X-Chromosomen.

Während in vielen älteren Untersuchungen beim diözischen Hanf überhaupt kein oder nur bei einzelnen Rassen ein heteromorphes Chromosomenpaar gefunden wurde, berichten eine Reihe von Autoren übereinstimmend, dass stets ein heteromorphes Paar vorhanden ist (**Hirata, 1929; Sinoto, 1929; Breslavetz, 1932, Mackay, 1939; Nishiyama, 1940, 1941; Nishina et al., 1940; Yamada, 1943; Hoffmann, 1938, 1947;**

Rizet, 1946; Postma, 1946; Nishiyama et al., 1947; Takenaka, 1951; Tischler, 1953).

Die ausgewachsene Hanfpflanze hat langgestielte, tiefgefingerte Blätter mit dunkelgrüner Ober- und blassgrüner Unterseite, deren Lebensdauer ca. 40 Tage beträgt. Die Blätter des Hanfes sind im allgemeinen 5- bis 11-zählig und sind planophil an der Pflanze angesetzt. Die nördlichen Formen haben eine kleinere Anzahl Fiederblätter als die südlichen. So sind die nordrussischen Formen nur 5- bis 7-zählig, während die nordkaukasischen, türkischen, italienischen und zum Teil auch die chinesischen Formen 8- bis 11-zählig sind. Die Anzahl der Fiederblätter variiert innerhalb eine Hanfpflanze (**Köhler, 1958**).

Bis zum Beginn der Blüte sitzen die Blätter gegenüberliegend am Stängel, nach der Blüte ist die Blattstellung im oberen Stängelbereich alternierend (wechselständig). Die Blattfarbe der Hanfpflanzen ist je nach den Ernährungsbedingungen dunkler oder heller grün. Gelegentlich werden Hanfpflanzen mit hoher Anthocyanbildung gefunden, die eine rötliche bis rotbraune Blattfarbe haben. Zum Teil ist diese Färbung auch mehr oder weniger auf die Blattstiele beschränkt. In indischen und asiatischen Haschischhanfformen treten die Blattfärbungen häufiger auf. An den Achseln der oberen Laubblätter und am Sprossende bzw. an den Spitzen der Verzweigungen befinden sich die Blütenstände. Die Blattanlage im oberen Pflanzenbereich erfolgt simultan mit der Anlage der Blütenanlagen. Bei der diözischen Form stehen bei den männlichen Pflanzen die Blüten in kaum verästelten Rispen. Der weibliche Blütenstand der diözischen Form ist dichtbuschig und besteht aus dem laubigen Sprossende. Die Blüten sitzen zu zweit ungestielt in den Blattachsen und sind zu Scheinähren vereinigt (**Heuser, 1927; Hoffmann u.a., 1970**).

Die Monözisten haben eine verschieden starke männliche Geschlechtsausprägung (**Neuer und von Sengbuch, 1943**) und sollen zusätzlich geschlechtsbestimmende Faktoren besitzen. Bei der monözischen Form sitzen die weiblichen Blüten an der Spitze der wenig verzweigten Seitentriebe, die männlichen Blüten liegen an deren Basis oder auch vereinzelt in den Blattachsen.

Der Hanf ist ein holziges, einjähriges Kraut, das die Sonne effizienter nutzt als jede andere Pflanze auf der Erde und in einer nur kurzen Wachstumszeit eine stattliche Höhe erreicht. Hanf kann in nahezu jedem Klima und auf jedem Boden, selbst in Grenzertragsgebieten, angebaut werden. Hanf wächst am besten in Zonen mit

gemäßigtem Klima bei 13 bis 22°C, verträgt aber auch höhere oder niedrigere Temperaturen. Junge Pflanzen vertragen leichten Nachtfrost von -3 bis -5°C. Hanf ist daher für den Anbau in gemäßigten Zonen, im Mittelmeergebiet und in den Subtropen geeignet (**Körber-Grohne, 1987**).

Hanf stellt keine besonderen Ansprüche an die Bodenqualität und gedeiht fast überall. Er ist als Pionierpflanze und auf Grenzertragsböden kultivierbar. Soll die Hanfpflanze allerdings optimalen Ertrag bringen, so muss man wegen ihres relativ schwachen Wurzelsystems und ihrer schnellen Entwicklung auf reiche Nährstoffzufuhr achten (**Reuter, 1987**).

Die Wurzel der Hanfpflanze ist eine kräftige, tiefgehende Pfahlwurzel mit vielen Seiten- und Nebenwurzeln, so dass der Boden intensiv durchdrungen wird. Der oberirdische Spross ist bei größerem Pflanzenabstand je nach Wachstumsverhältnissen mehr oder weniger an der Basis verzweigt. Die Wuchshöhe kann im Bestand 2 bis 4 m, im Extrem bis 6 m erreichen. Der Stängel ist 1 bis 2 cm dick, rund, gerieft bis schwach sechseckig und kurzborstig behaart. Der Querschnitt der Hanfstängel ist bei den geographischen Typen in der charakteristischer Weise verschieden. Die nördlichen, mittelrussischen und westsibirischen Hanfherkünfte weisen einen runden bis schwach sechseckigen Querschnitt auf. Der Querschnitt des japanischen und ostasiatischen Formenkreises ist stark riefelig mit scharfen Ecken und großen Vertiefungen. Der italienische Hanf nimmt eine Mittelstellung ein. Einen elliptischen Querschnitt mit weniger Faserbündeln soll der indische Haschischhanf aufweisen (**Makarevic, 1937 zit. bei Hoffmann, 1961; Sizov, 1937; Nassonov, 1940**).

Der Hanfstängel besteht aus einem inneren Holzzylinder. Der Gehalt von Fasern schwankt in Abhängigkeit von Genotyp und Umweltfaktoren zwischen 10 und 25 %. Hanfsorten in südlichen Anbauregionen zeichnen sich durch eine späte Blüte aus, wodurch die vegetative Phase des Hanfes dementsprechend verlängert wird (**Bocsa, 1994 zit. bei Breitfeld, 1995**).

Der schlanke Hanfstängel gilt für hohen Fasergehalt und hohen Langfaseranteil und ist günstiger als der dicke Hanfstängel. Das Verhältnis von Länge zum mittleren Durchmesser des Stängels wird als Schlankheitsgrad des Stängels bezeichnet und vielfach durch den Längendurchmesserquotienten ausgedrückt (**Heuser, 1924; Bredemann, 1927**).

Der Hanf ist eine windbestäubende Pflanze. Der Pollen von Hanfpflanzen kann über große Entfernungen von mehr als 12 km getragen werden (**Loch, 1995**). Der Blühbeginn der männlichen und weiblichen Hanfpflanzen einer diözischen Hanfform ist unterschiedlich. Bei den nördlichen Hanfformen sind die männlichen Pflanzen im Blühbeginn 2-4 Tage früher. Bei den südlichen Formen dagegen blühen die weiblichen Hanfpflanzen meistens früher auf, wobei die Differenz 5 bis 10 Tage betragen kann. Bei monözischen Formen werden die weiblichen Blüten im allgemeinen zuerst befruchtungsfähig. Die Narben der Hanfpflanzen sind bis zu 10 Tage, der Pollen etwa 5 Tage befruchtungsfähig (**Hoffmann, 1961**).
Nach etwa 100 Tagen kann der Hanf geerntet werden. Bei diözischen Pflanzen ist es schwierig, den optimalen Erntezeitpunkt zu bestimmen, weil die männlichen Pflanzen zwischen einer und vier Wochen vor den weiblichen Pflanzen erntereif sind, während monözische Sorten gleichzeitig reifen (**Reuter, 1987**).
Die männlichen und weiblichen Hanfpflanzen unterscheiden sich durch ausgeprägte sekundäre Geschlechtsmerkmale. Die Blütenstände der männlichen und weiblichen Hanfpflanzen sind sehr verschieden ausgebildet (Abbildung 1).

Nach **Crescini (1940**) reifen ungarische Hanfherkünfte beim Anbau in Italien schon recht früh. Die Kurzstängel der japanischen und chinesischen Hanfherkünfte sind dagegen extrem lang und spätreif. Unter mitteleuropäischen Verhältnissen sind ungarische Hanfherkünfte sehr lang und spätreif, während japanische und chinesische Hanfherkünfte bei extremem Längenwachstum kaum mehr zur Blüte gelangen. Nordrussische Formen blühen hier jedoch ebenfalls früh und bleiben kurz.

Beim Hanf sind die männlichen Pflanzen zum Zeitpunkt der Reife der weiblichen Pflanzen bei diözischen Formen vollständig abgestorben. Dabei kann es schon zur Teilröste auf dem Feld kommen. Dies erschwert die Ernte und die Hanffaserqualität verringert sich (**Bartholomäus, 1963**). Die Blätter der weiblichen Hanfpflanzen sind gerade erst am vergilben. Die monözischen Pflanzen des Hanfes werden nach ungefähr 100-120 Vegetationstagen am Ende der Blütezeit geschnitten. In Frankreich erfolgt dies um den 20. bis 30. August (je nach Sorte). Die Hanfpflanzen haben zu diesem Zeitpunkt schon fast das gesamte Trockenmassegewicht erreicht. Außerdem ist die Hanffaserqualität besser und der Ertrag höher. Das Risiko des feuchten Erntewetters

Abbildung 1: Morphologische Stadien von Hanf nach **E.W. Smith** (Quelle: **Frank, 1996**)

1. Männlicher Blütenstand
2. Weiblicher Fruchtstand
3. Keimling
4. Einzelblatt eines fingerförmigen Blattes
5. Männliche Blüte mit Knospen
6. Weibliche Blüte, vom Vorblatt umhüllt
7. Frucht in fester, behaarter Schale
8. Frucht von der breiten Seite
9. Frucht von der flachen Seite
10. Drüsenhaar mit vielzelligem Stängel
11. Drüsenhaar mit nicht sichtbarem Stängel
12. Haar ohne Drüse und Cystholith

verringert sich und der geforderte Trockensubstanzgehalt von 84 % wird schneller erreicht (**FNPC, 1994 zit. bei Breitfeld, 1995**).

Der Hanf für die Fasergewinnung gedeiht gut in den Zonen des gemäßigten Klimas. Er verträgt auch leichte Nachtfröste von -3 bis -5°C. Der Faserhanf benötigt eine Temperatur von 18 bis 20°C in 100 bis 130 Tagen, der Samenhanf dagegen 22 bis 28°C in 130 bis 180 Tagen (**Mann, 1998**).

Die Hanfpflanze liefert eine Reihe hochwertiger Bio-Rohstoffe, wobei alle Pflanzenteile nahezu restlos verwertbar sind (**Karus, 1995**). Die Nutzungsmöglichkeiten stellt in einer Übersicht die Abbildung 2 dar.

Der wichtigste Rohstoff ist die Bastfaser, die in den Stängeln zwischen dem Holz und der Rinde ausgebildet wird. Die Hanffaser zeichnet sich durch Reißfestigkeit und Dauerhaftigkeit, vor allem bei Nässe, aus. Zur Hanffasergewinnung werden die monözischen Hanfsorten bevorzugt, die gleichzeitig abreifen und geerntet werden können und dazu eine höhere Mengen an Hanffasern im Vergleich zu den diözischen Hanfsorten liefern. Der Faserertrag kann zwischen 2,5 - 3 Tonnen pro Hektar liegen (**Herer, 1994; Karus, 1995**).

Früher wurde die Hanffaser zur Papierproduktion verwendet. Diese lange Tradition der Papierherstellung konnte aber nicht verhindern, dass Hanf aus der Massenpapierproduktion vollständig verdrängt wurde. Die Hanffaser ist aber für industrielle Spezialpapiere (z.B. Zigarettenpapier, Teebeutel, Banknoten und technische Filter) von großer Bedeutung. Der Bedarf an Hanffaser wächst wieder. Ein Grund dafür dürfte auch sein, dass die ganze Hanfpflanze zur Papierherstellung genutzt werden kann. Es ist ein hochwertiger, langfaseriger Zellstoff gewinnbar, wobei ein Zellstoffertrag bis zum vierfachen gegenüber schnellwachsenden Bäumen beobachtet werden konnte (**Herer, 1994; Karus, 1995**).

Hanffasern können auch im Verpackungssektor eingesetzt werden. Für Wurstpellen wird ein Verbundwerkstoff aus Papier und Folie auf der Basis von Zellulose verwendet, welcher viskosinierte Hanffasern enthält. In der ehemaligen UdSSR wurden Leinen-Jute-Hanf-Fasern, teilweise in Verbindung mit Polyäthylen, für die Herstellung von Zuckersäcken getestet (**Brenman, 1971; Prilutskii, 1975**).

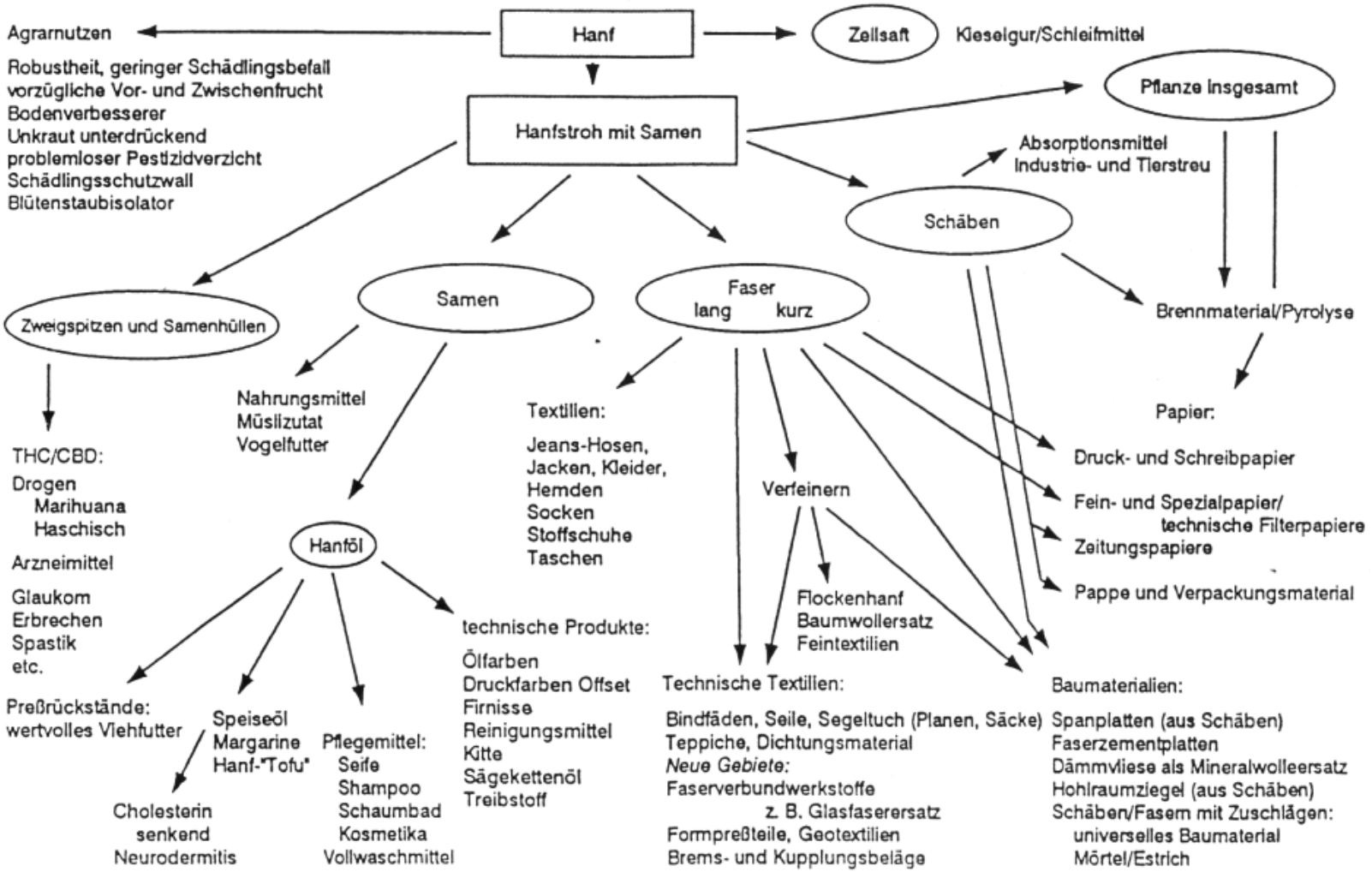

Abbildung 2: Moderne Nutzungsmöglichkeiten für Hanf (nach **Karus, 1995**)

Heute werden in Deutschland keine Hanffasern mehr zur Herstellung für Feintextilien eingesetzt. Der Rohstoffmarkt wird von der Baumwolle beherrscht und bei besonderen Anforderungen hat der Flachs den Hanf bereits vor Jahrzehnten verdrängt.

In Frankreich wird noch heute ein Teil der Oberbekleidung (Jacketts, Socken, Stoffschuhe und Taschen) aus den Langfasern von Hanfpflanzen hergestellt. Bei den Socken aus Mischgarn dienen Hanffasern zur Verstärkung, damit die Socken länger halten (**Böck, 1993 zit. bei Herer, 1994**).

Die Hanfsamen, die bis zu 21 % aus Protein bestehen (**Hanfhausmagazin, 1995**), bzw. das aus ihnen gepresste linolsäurereiche Öl, dienen sowohl als wertvolles Nahrungsmittel für Mensch und Tier als auch als Ausgangsstoff verschiedenster technischer Produkte. Bei einem Hektarertrag von 35 % kann mit ca. 350 kg Hanföl gerechnet werden (**Karus, 1995**). Der Anbau von diözischen Hanfsorten ist günstiger, da ein höherer Samenansatz erzielt wird (**Bocsa, 1995**).

Zwischen 1840 und 1890 standen Hanfextrakte an zweiter Stelle der verordneten Medikamente in den USA. Die damalige amtliche amerikanische Arzneimittelliste zählte Müdigkeit, Husten, Rheumatismus, Migräne, Krämpfe und Depressionen zu den Beschwerden, die mit *Cannabis* behandelt werden durften. Auch als Schmerzmittel leistete *Cannabis* außerordentlich gute Dienste und war in den USA jahrzehntelang das wichtigste Mittel, bis es von dem bekannten Aspirin abgelöst wurde. In Australien wurde 1995 Marihuana wieder als Medizin zugelassen. In den Folgejahren beschränkte sich die Hanfforschung jedoch nur noch auf das Delta-9-THC (Tetrahydrocannabinol). Die restlichen 400 potentiell wirksamen Hanfinhaltsstoffe wurden nicht weiter auf ihre medizinische Wirksamkeit untersucht. Die heutige medizinische Hanfforschung ist weltweit fast zum Erliegen gekommen (**Rätsch, 1992; Grinspoon, 1994**).

Alle drei Nutzungsformen der Hanfpflanze (Faser, Samen, Pharmazie) könnten längerfristig wieder mehr Bedeutung erlangen. Zum jetzigen Zeitpunkt werden in der Bundesrepublik Deutschland der Hanffasernutzung die besten Chancen eingeräumt. Die Samenhanfproduktion ist nur bei entsprechend hohen Abnehmerpreisen wirtschaftlich. Auch wird die Samenreife auf Grund der klimatischen mitteleuropäischen Bedingungen oftmals nicht erreicht. Die Samenerträge sind in südlicheren Ländern (Italien, Ungarn, Rumänien) klimatisch bedingt erheblich höher (**Dambroth, 1993**). Derzeit werden insbesondere die Einsatzmöglichkeiten von *Cannabis* bzw. seinen Inhaltsstoffen im medizinischen Bereich überprüft, da positive Wirkungen z.B. bereits bei der Behandlung von Erbrechen und Morgenübelkeit bei Schwangeren, Multipler Sklerose

und Glaukomen sowie zur Appetitssteigerung bei AIDS-Kranken bekannt sind (**Hesch u.a., 1996**).

2.2. Entwicklung des Hanfanbaus

Durch die wissenschaftliche Fachliteratur wird belegt, dass vom ersten Jahrtausend v.Chr. bis hinein in die zweite Hälfte des letzten Jahrhunderts Hanf die auf unserem Planeten am häufigsten angebaute Feldfrucht war. Kaum eine andere Kulturpflanze hat eine so wechselhafte Geschichte hinsichtlich ihrer Verbreitung und wirtschaftlichen Bedeutung erfahren wie der Hanf **(Hoffmann u.a., 1985)**.

In China kann die Nutzung von Hanf bis in die Jungsteinzeit zurückverfolgt werden. Schon aus der Zeit von 4200 bis 3200 v.Chr. wurden gewebte Stoffe und Schnüre aus der Bastfaser des Hanfes gefunden. Die in der Nähe von Xian gefundene Papierprobe aus der Zeit 140 bis 87 v.Chr. bestand aus Hanffasern und dürfte das älteste Papier der Welt sein (**Sandermann, 1992**). Die Bezeichnung Papier geht auf das altägyptische Wort Papyrus zurück. So heißt ein Riedgras, dessen Stängelmark in Streifen geschnitten, kreuzweise geschichtet und zu Bögen verarbeitet wurde. Diese klebte man dann zu langen Rollen zusammen (**Greenpeace, 1991**). Papyrus war der bekannteste Schriftträger im alten Ägypten. Die Technik der Papyrusherstellung reicht weit zurück, etwa bis zum Jahre 3000 v.Chr. Im heutigen Sinne ist aber Papyrus nicht als Papier anzusprechen. Die eigentliche Papierherstellung wurde etwa 100 v.Chr. in China erfunden. Rohstoffe für die Papierherstellung waren Baumrinde oder Bastfasern, der Hanf, alte Lumpen und Fischnetze. Hanfsamen wurden in China bis ins 6. Jahrhundert n.Chr. als Nahrungsmittel und für medizinische Zwecke gebraucht. Auch die Rauschwirkungen blieben nicht verborgen. Hanf war früh schon Bestandteil sozialer Praktiken und religiöser Riten.

Der älteste bisher bekannte archäologische Hanffund (von Eisenberg/Thüringen) stammt noch aus vorgermanischer Zeit. In der Asche einer Graburne aus Wilmersdorf in Brandenburg wurden die Samen von *Cannabis sativa* L. entdeckt. Der Fund wird auf das 5. Jahrhundert v.Chr. datiert (**Hai und Rippchen, 1994**). Die ältesten Funde von Hanfstoffen in Europa stammen vom Beginn der römischen Zeit (800- 400 v.Chr.) aus

dem Raum Stuttgart. Die Stoffe wurden allerdings noch nicht aus den aufbereiteten, reinen Fasern, sondern aus schmalen, von der Stängelrinde abgezogenen Baststreifen hergestellt. Im frühen Mittelalter wurde das Verfahren des Faseraufschlusses durch Röste vom Flachs auf den Hanf übertragen. Danach wurden Bekleidungsstücke häufiger auch aus Hanf gemacht.

Im 17. Jahrhundert, zum Höhepunkt der Segelschifffahrt, erlebte der Hanf in Europa seine Blütezeit. Fast alle Schiffssegel und fast alles Takelwerk, Seile, Netze, Flaggen bis zu den Uniformen der Seeleute wurden auf Grund der Reiß- und Nassfestigkeit aus der Faser vom Hanf hergestellt. Handel und Kriegführung waren vom Hanf abhängig: 50 bis 100 Tonnen Hanffasern wurden für die Grundausstattung eines Schiffes benötigt, und diese musste alle ein bis zwei Jahre ersetzt werden. Der Hanfanbau und -handel beispielsweise in Holland spielte mit seinen 11.000 Segelschiffen eine sehr bedeutende Rolle.

Der Niedergang des europäischen Hanfanbaus begann mit dem Niedergang der Segelschifffahrt im 18. Jahrhundert. Im 19. Jahrhundert wurde die Baumwollmaschine entwickelt, die die Verarbeitung der Baumwollfaser wesentlich erleichterte. Hanf und Flachs, deren Fasergewinnungsprozess arbeitsaufwendig blieb, wurden mehr und mehr vom Textilmarkt verdrängt.

Im 19. Jahrhundert gelangten Jute und Sisal als neue Faserpflanzen aus den damaligen Kolonien nach Europa. Insbesondere die Jute konkurrierte mit der Hanffaser in deren typischen Domänen: Säcke, Planen, Gurte und Verpackungsmaterial. Nicht qualitative, sondern Kostengründe führten zur Verdrängung des Hanfes. Die niedrigen Löhne in den Kolonien sorgten dafür, dass Jutefasern in Europa um fast die Hälfte billiger waren als Hanffasern. Schließlich wurden im 19. Jahrhundert die Papiermaschine sowie chemische Aufschlussverfahren für Holz zur Papierherstellung entwickelt und Flachs und Hanf ebenfalls aus dem Papiermarkt verdrängt.

Zwischen 1850 und 1913 ging der Hanfanbau in Frankreich von 100.000 auf 13.000 ha zurück. Hierfür waren auch preiswerte Hanffaserimporte aus dem Russischen Reich die Ursache, die den Hanfanbau in Europa unrentabel machten.

In Osteuropa haben sich Anbau, Nutzung und Erforschung der Hanfpflanze bis heute auf relativ hohem Niveau halten können. Die wichtigsten Hanfanbauländer sind Rumänien, das Gebiet der ehemaligen UdSSR, Ungarn und Polen.

In Polen kommt man insbesondere aus Gründen des Wasserschutzes wieder auf den Hanf zurück. Gesucht werden Nutzpflanzen, bei deren Anbau auf Pestizide verzichtet werden kann, um die Schadstoffbelastung von Flüssen und dem Grundwasser zu verringern. Die deutsche Firma Oregon, die Wasseraufbereitungsprojekte in Polen betreut, hält dazu Hanf für besonders gut geeignet und empfiehlt, den Hanfanbau in Polen wieder auszudehnen (**Lingen, 1993 zit. bei Herer, 1994**).

Im folgenden wird die Entwicklung des Hanfanbaus im 20. Jahrhundert dargestellt.

Tabelle 1 zeigt die Entwicklung des Hanfanbaus in Europa und weltweit im Zeitraum von 1913 bis 1991. Die Weltanbaufläche für Hanf war Ende der 80er Jahre an ihrem Tiefpunkt angekommen (etwa 240.000 ha) und hat sich seit dem leicht erholt (1991: 279.000 ha).

Tabelle 1: Entwicklung des Hanfanbaus zur Fasergewinnung in Europa und weltweit (Angaben: in 1000 ha)

	1913	1926	1948	1958	1968	1978	1981	1991
Westeuropa	ca. 110	ca. 120	73	30	8	11	ca. 3	ca. 4
Osteuropa	ca. 70	ca. 150	201	150	98	72	ca. 60	ca. 50
Europa	ca. 180	ca. 270	280	180	106	83	ca. 63	ca. 54
Russland/SU	679	925	556	355	321	130	113	58
Welt	?	?	?	820	636	ca. 500	ca. 450	279

(Quellen: **Mathieu, 1980**; **Körber-Grohne, 1987**; **FAO, 1957, 1991**)

Der Weltanbau von Hanf verteilt sich auf folgende Kontinente: Asien 58,8 % (vor allem China und Indien), die ehemalige UdSSR 20,8 %, Europa 19,4 % (Rumänien, gefolgt mit großem Abstand von Frankreich und Ungarn) und Südamerika (vor allem Chile) 1,4

% (**FAO, 1991**). Zum Vergleich seien die weltweiten Anbauflächen anderer Faserpflanzen kurz aufgeführt:
Flachs 1.051000 ha, Hauptanbaugebiete sind die ehemalige UdSSR und seit wenigen Jahren China, Jute und juteähnliche Fasern 226.000 ha, fast ausschließlich in Asien (**FAO, 1991**).

Nach **Breitfeld (1995)** hat sich I. Bocsa in Ungarn um die Züchtung neuer Faserhanfsorten verdient gemacht. Seiner Meinung nach setzt Bocsa dabei auf diözische Sorten. Seine Stammsorte ist ‚Kompolti'. Sie wurde 1957 zugelassen. Heute züchtet er Hybridsorten. Er ist der einzige Hanfzüchter, der mit Heterosiseffekten bei der Züchtung neuer Sorten arbeitet. Folgende Hybriden wurden von ihm gezüchtet: ‚Kompolti Hibrid TC', ‚Unico B' und ‚Unico B-7'. In Ungarn verfügt man über Faserhanfsorten mit einem THC-Gehalt unter 0,3 % (Kreuzung aus ‚Kompolti' und ‚Fibrimon').
In der EU werden Hanf, Flachs und Baumwolle als Faserpflanzen angebaut. Der Anbau von Faserhanf stellt in der Pflanzenproduktion der EU nur eine Randerscheinung dar. Von der gesamten Ackerfläche der EU dürften im Jahr 1995 in Frankreich, Spanien, Großbritannien und in den Niederlanden zusammen 8.000 ha für die Erzeugung von Hanffasern zur Verfügung gestanden haben**.** In den letzten 30 Jahren hat der Anbau von Faserhanf in der EU stark abgenommen. Die Anbauflächen fielen von 23.600 ha (1956:1960) auf 3.000 ha (1988:1991). Geographisch betrachtet war der Hanfanbau in den letzten 40 Jahren auf Frankreich, Italien und Spanien konzentriert (**Bredemann u.a., 1961; Brodersen und Drescher, 1996**).

In Frankreich, als einzigem westeuropäischen Land mit nennenswerten Anbauflächen, ist 1991 erstmalig die Anbaufläche wieder gestiegen, und zwar von 3.000 auf 4.000 ha (**FAO, 1991**). 1993 wurden bereits wieder 5.850 ha Hanf angebaut (**Gsell, 1993**). Der durchschnittliche THC-Gehalt der in Frankreich kultivierten Hanfsorten liegt zwischen 0,1 und 0,2 % (**Gsell, 1993**).

Seit mehr als 50 Jahren wurde in Großbritannien kein Hanfanbau mehr betrieben. Dieser war seit 1971 gesetzlich verboten. 1993 wurde der Anbau erstmals über die Vergabe einer Lizenz ermöglicht (**Low, 1995**), wobei 1993 in Großbritannien 600 ha

und 1994 800 ha Hanf angebaut wurden, und zwar in East Anglia in der Grafschaft Essex (nordöstlich von London).

Seit 1994 wurde in Spanien, Frankreich und England Faserhanf kommerziell angebaut. In diesen Ländern ist ein zunehmendes Interesse an der Nutzung der Hanfpflanze zu beobachten, welches sich in der Ausweitung der Hanfanbauflächen und der Entwicklung neuer Produktlinien zeigt. In Ländern wie den Niederlanden, Belgien, Irland und der Schweiz wurde erwogen, 1994 oder 1995 den Hanfanbau wieder aufzunehmen.

Laut **Thomson (1994 zit. bei Herer, 1994**) wurde in der Schweiz bereits 1994 erstmals wieder Hanf angebaut, der für die Herstellung technischer Textilien Verwendung finden sollte.

In der Abbildung 3 sind die Anbauflächen von Hanf in der Europäischen Union dokumentiert. Die Entwicklung des Hanfanbaus wurde von 1980 bis 2000 dargestellt.

Abbildung 3: Hanfanbau in der EU 1980-2000 (Quelle: **Nova, 2000**)
(S = Sonstige, P = Portugal, FI = Finnland, I = Italien, A = Österreich, D = Deutschland, N = Niederlande, GI = Großbritannien, SP = Spanien und F = Frankreich)

In Deutschland wurden um 1880 etwa 150.000 ha Hanf angebaut. Bis 1878 sank die Hanfanbaufläche auf 21.238 ha. Im Jahre 1915 lag die Anbaufläche bei nur noch unbedeutenden 417 ha (Abbildung 4).

Die Abbildung zeigt den stetigen Rückgang der Hanfanbaufläche in Deutschland Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts, bis der Hanfanbau 1915 praktisch zum Erliegen kam.

Während der beiden Weltkriege wurde der Hanf in Deutschland zum Kriegsgewinnler (**Herer, 1994**). Abgeschnitten von den überseeischen Importfasern Baumwolle, Jute, Sisal und Ramie besann man sich wieder auf den Hanf und verbesserte Anbau-, Ernte- und Nutzungstechniken. Über die sog. Kotonisierung gelang es, aus den langen Hanffasern einen kurzfaserigen, hochwertigen Baumwollersatz herzustellen. In den zwanziger Jahren gab es Überlegungen, die gesamte Baumwolleinfuhr durch kotonisierte Hanffasern zu ersetzen. Dazu wäre eine Anbaufläche von etwa 1 Million ha notwendig gewesen (**Gminder, 1924 zit. bei Karus, 1995**).

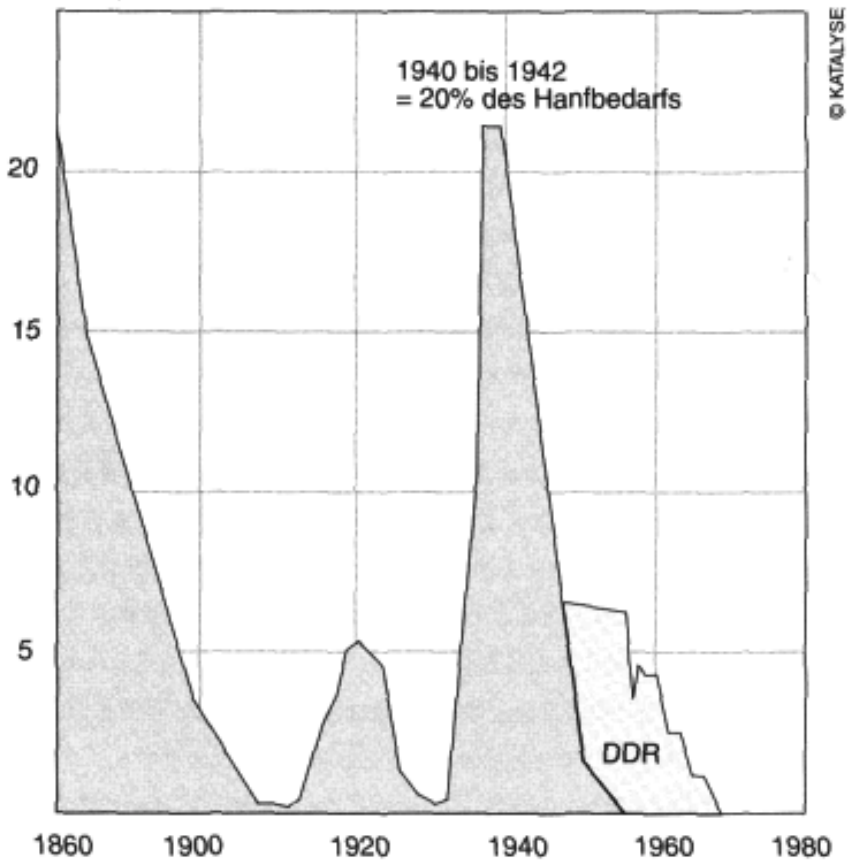

Abbildung 4: Hanfanbau in Deutschland (aus **Waskow, 1995**)

Im Jahr 1935 wurden aber wieder etwa 2.400 ha mit Faserhanf und 1.335 ha mit Samenhanf bestellt. Im Jahr 1937 wurde ein weiterer Anstieg auf 7.510 ha bei Hanf verzeichnet. Von der gesamten Hanfanbaufläche entfielen 5.871 ha auf Preußen und 968 ha auf Bayern (**Statistisches Jahrbuch für das Deutsche Reich, 1938**). In der Hanfindustrie wurde folgendes Warensortiment aus Hanffasern hergestellt: Webegarne für Schläuche, Segeltuch, Teppiche und Gurte, polierte Garne für Webzwecke und Klöppeleien, Liderungsgarne für Dichtungszwecke, Wurst-, Sattel-, Schuh-, Netz-, und Sacknähgarne sowie Strohpressengarne für die Landwirtschaft, für Bindezwecke Kordel, Packstricke, Schnürfaden, Kordel- und Seilgarne, Bergseile (**Backe, 1936**).

Obwohl die Anbauzahlen in Deutschland zwischen 1933 und 1940 von 210 auf 21.000 ha empor schnellten (geplant waren bis 1945 30.000 ha), reichte dies nicht zur Deckung des Bedarfs aus. Selbst 1941, im Jahr der höchsten Hanfernte während des Zweiten Weltkrieges, mussten von 67.966 Tonnen über 80 % vorwiegend aus Italien importiert werden (**Statistik der Reichsstelle für Textilwirtschaft, 1936-1943**).

Nach den letzten Kriegsjahren des 2. Weltkrieges wurden in Deutschland ca. 21.000 ha angebaut, womit etwa 20 % des Bedarfs gedeckt wurden. Nach dem Krieg schrumpfte der Hanfanbau in Westdeutschland rasch auf unbedeutende Größe, bedingt durch die Konkurrenz von überseeischen Fasern. In der ehemaligen DDR hielt sich der Hanfanbau noch bis Ende der 60er Jahre.

Der Hanfanbau hatte in der ehemaligen DDR eine größere Bedeutung als in der alten Bundesrepublik Deutschland. Der Anbau fand schwerpunktmäßig im Bezirk Potsdam statt. Im Jahr 1950 erreichte der Hanfanbau mit insgesamt 4.318 ha Fläche etwa das gleiche Niveau wie vor dem Zweiten Weltkrieg. Im Jahr 1960 wurden die Anbauflächen weiter auf 6.583 ha erhöht. Seit 1961 ging jedoch der Hanfanbau auch in der DDR drastisch zurück. Im Jahr 1972 betrug die Anbaufläche nur noch 474 ha. Seit 1973 gab es in der ehemaligen DDR praktisch keinen Hanfanbau mehr (**Statistisches Jahrbuch der DDR, 1974**).

Im Jahr 1989 führte die DDR 1.386 t Hanfbastfasern ein, nur 9,3 % der im Jahr 1970 getätigten Einfuhr. Aus der Reduzierung der Einfuhrmenge und der gleichzeitig stark herabgesetzten Eigenproduktion von Faserpflanzen wird ersichtlich, dass diese

natürlichen Rohstoffe in der Verarbeitungsindustrie in der ehemaligen DDR immer weniger Beachtung fanden. Das gesamte Produktionsprogramm wurde auf Kunst- und synthetische Fasern ausgerichtet (**Hanf, 1997**).
Tabelle 2 zeigt die Anbauflächen von Hanf in der Bundesrepublik Deutschland nach der Aufhebung des Hanfanbauverbotes. Die Entwicklung des Hanfanbaus ist von 1996 bis 2000 dargestellt.

Tabelle 2: Hanfanbau in der Bundesrepublik Deutschland von 1996 bis 2000 in ha

Jahre	1996	1997	1998	1999	2000
Hanfanbau in ha	1423	2812	3575	4066	3094

(Quelle: **Nova, 2000**)

2.3. Ausprägung wirtschaftlich wichtiger Merkmale

2.3.1. Fasergehalt und Faserqualität von Hanf

Es werden drei Kategorien von Naturfasern unterschieden: pflanzliche, tierische und mineralische Fasern, wobei alle pflanzlichen Fasern aus Zellulose bestehen Pflanzliche Naturfasern werden in Samenfasern (z.B. Baumwolle, Kapok), Bast- oder Stängelfasern (z.B. Flachs (Lein), Hanf, Jute, Ramie) und Blatt- oder Hartfasern (z.B. Sisal, Manila, Kokos) unterteilt. Die Weich- oder Stängelfasern zeichnen sich dabei durch eine hohe Festigkeit, aber eine geringere Dehnbarkeit aus.

Der Hanffasergehalt wird im wesentlichen von der Stängellänge bestimmt und variiert je nach Anbaubedingungen (**Hoffmann u.a., 1985**). Er hängt stark vom Geschlechtstyp ab.
Unter den Qualitätsmerkmalen spielt der Anteil an Lang- und Kurzfasern die wichtigste Rolle (**Hoffmann u.a., 1985**). Da die Ausbeute an Langfasern hauptsächlich vom Anteil der Primärfaserbündel abhängt, kann sie durch Auslese auf Primärbast gesteigert werden.

Die langgestreckten Faserbündel von Hanf, die sich aus längeren und kürzeren, durch Zellulose verdickten Faserzellen zusammensetzen, sind in der Rinde, dem sogenannten Bast des Hanfes, eingelagert (Abbildung 5).

Die Faserbündel beim Hanf umschließen den Holzteil ringförmig und durchziehen den gesamten Spross bis in die Stängelspitze. Die primären Faserzellen erreichen eine Länge von bis zu 20 mm. **Menge-Hartmann und Höppner** (**1995**) fanden bei den Hanfsorten ‚Felina' im Mittel 7 und bei ‚Kompolti Hibrid TC' 8 Primärfaserschichten. Die gesamten Primärfaserschichten erreichten im Anbaujahr 1993 eine Dicke von bis zu 223 µm bei ‚Felina' und 240 µm bei ‚Kompolti Hibrid TC'. Im Jahr 1992 lagen diese Werte niedriger mit 192 µm bei ‚Felina' und 200 µm bei ‚Kompolti Hibrid TC**'.** Im Kambium werden noch die die Stängelstabilität erhöhenden sekundären Faserbündel - hauptsächlich im unteren Stängelbereich - angelegt. Die kürzeren Fasern, die sogenannten sekundären Fasern, können eine Länge von ca. 2 mm erreichen. Das Ausmaß der Sekundärfasern ist im wesentlichen sortenabhängig.

Zur Fasergehaltsbestimmung sind Verfahren notwendig, die den Bastteil vom Holzteil trennen und die Faserbündel aus dem sie umgebenden Gewebe herauslösen (**Heuser, 1927**).

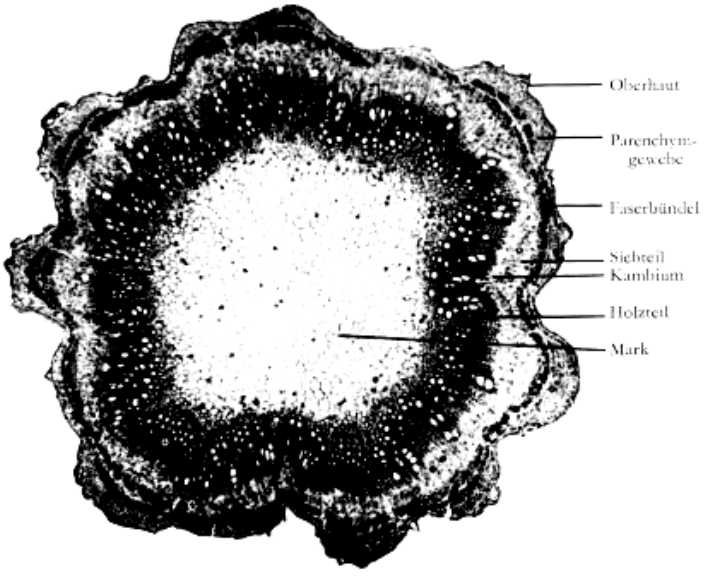

Abbildung 5: Querschnitt durch den oberen Teil eines noch wachsenden Hanfstängels (nach **Heuser, 1927**)

Unter den mechanischen, physikalischen, chemischen, biologischen und mikroskopischen Methoden zur Bestimmung des Fasergehaltes haben die auf einem chemischen Aufschluss der Fasern beruhenden Verfahren die größte Verbreitung gefunden. Als erste Schritte in dieser Richtung sind die bei **Bilcescu (1965)** zitierten Arbeiten von Linnik (1916), Fruwirth (1919), Weintzig und Giersch (1920) sowie Baur und Behrens (1921) zu erwähnen.

Diese Anfangsphase wurde durch Bredemann mit der Entwicklung seines im Jahre 1922 veröffentlichten Verfahrens abgeschlossen. **Bredemann** (**1922a, b**) hat mehrere chemische Methoden zur Bestimmung des Fasergehaltes bei Hanf entwickelt. Mit Hilfe dieser Methoden kann sowohl am grünen als auch am trockenen Hanfstängel der Reinfasergehalt bestimmt werden.
Dieses einfache, aber genaue, auf einem chemischen Aufschluss beruhende Verfahren weist als grundlegenden Arbeitsgang ein doppeltes Kochen in einer schwachen NaOH-Lösung auf. 20 Jahre später entwickelte Bredemann ein neues, vervollkommnetes Verfahren, das ein intensiveres Kochen im Autoklaven vorsieht. Die Bestimmung des Fasergehaltes durch chemischen Aufschluss nach dem Bredemann-Verfahren in ihrer ursprünglichen oder leicht veränderten Form hat in der Hanfzüchtung der letzten drei Jahrzehnte fast allgemein Verbreitung gefunden.

Nach **Neuer u.a.** (**1946**) werden die Hanfstängel zur Feststellung des Bastgehaltes getrocknet, die Blütenstände abgeschnitten, die Länge gemessen und der obere und untere Stängeldurchmesser ermittelt. Die gewogenen Stängel werden zur Ablösung der Rinde vom Holzteil eine halbe Stunde in einer 0,25 %igen Natronlauge gekocht. Bei Verlängerung der Zeitdauer reicht nach eigenen Erfahrungen Kochen in Wasser ebenfalls aus. Dann wird der Bast mit der Hand abgezogen, leicht im Wasser gespült, im Trockenschrank getrocknet und anschließend gewogen. Für die Züchtung auf Fasergehalt sind von den Züchtern verschiedene Methoden entwickelt worden.

Die reine Hanffaser kann durch einen chemischen Aufschluss erhalten werden. Die chemischen Verfahren eignen sich auch am besten zur Entwicklung von Schnell- und Massenbestimmungsmethoden. Solche Methoden sind von **Kraus und Bilz** (**1922 zit. bei Hoffmann, 1944**), **Bredemann** (**1922a, b, 1924, 1927, 1940, 1942a, b, 1952**),

Sengbuch und Schwarze (1937 zit. bei Schwarze, 1937) und Neuer u.a. (1946) angegeben wurden.

Der Fasergehalt in einem Hanfstängel ist nicht an jeder Stelle gleich. Er ist in der Stängelmitte am höchsten und nimmt von dort zur Spitze und zur Wurzel hin ab. Der Fasergewichtsanteil, bezogen auf den Gesamtfasergehalt, ist an der Spitze am geringsten und nimmt nach der Wurzel hin zu. Zwischen Samen- und Faserhanf bestehen in dieser Beziehung nur geringe Unterschiede, die durch die verschiedenen Verholzungsgrade und die weitere Ausbildung von Sekundärfasern bei Hanf zu erklären sind (**Bredemann, 1940**).
Der nach **Bredemann** (**1942a, b)** als praktisch erzielbar bezeichnete mittlere Hanffasergehalt von rund 25 % Reinfaser, der einer technischen Ausbeute von etwa 33 % entspricht, konnte in den Eliten mit einem 30 %igen und höheren Reinfasergehalt in Einzelfällen übertroffen werden (**Bredemann, 1952, 1953**).

Früher haben die Bauern auf ihren kleinen Parzellen die männlichen Hanfpflanzen gesondert gerauft und für feineres Leinen (Bettwäsche, Handtücher, Bekleidung usw.) verwendet, während von den weiblichen Hanfpflanzen gröbere Leinen gewebt wurden (Säcke, Planen). Eine getrennte Ernte ist heute nicht mehr möglich.
Monözische Hanfsorten reifen gegenüber den diözischen Sorten gleichmäßiger ab, was die mechanische Ernte vereinfacht und eine bessere Faserqualität erbringt (**Bartholomäus, 1963**).

In Tabelle 3 wird deutlich, dass bei ‚Kompolti' die männlichen die weiblichen Hanfpflanzen in allen qualitativen Parametern - mit Ausnahme der Zugkraft - übertreffen. Aus der Tabelle geht auch hervor, dass die Merkmale bei der Nutzung des gemischten Bestandes (männliche und weibliche Pflanzen gemeinsam) einen mittleren Platz zwischen den beiden Geschlechtern einnehmen (Ausnahme: Reißfestigkeit). Sie reichen hinsichtlich Qualität jedoch näher an die männlichen als an die weiblichen Hanffasern. Die monözische Faserhanfsorte ‚Fibrimon 21' ist beim Vergleich mit der diözischen Sorte ‚Kompolti' nur im Merkmal Reißfestigkeit überlegen (**Bocsa und Karus, 1997**).

Hanffasern werden u.a. bei der Papierherstellung eingesetzt. Neben den biologisch technologischen Eigenschaften haben jedoch auch noch andere Faktoren einen bedeutsamen Einfluss auf die Verwendbarkeit der Hanfpflanzen im Verarbeitungsprozess bei der Papierherstellung. So müssen insbesondere auch spezifische technische und wirtschaftliche Aspekte wie Aufschluss, Sammlung, Transport und Lagerung der pflanzlichen Faserrohstoffe bei der Beurteilung einer Rohstoffpflanze im Hinblick auf Eignung zur Papierproduktion berücksichtigt werden (**Sändig u.a., 1971 zit. bei Hanf, 1996**).

Als Rohstoff für die Papierproduktion kann Hanf in zweierlei Hinsicht Verwendung finden: Zum einen können die frisch gewonnenen Hanffasern direkt in Papiermühlen verarbeitet werden und zum anderen können sie erst nach einer Vorverwendung, z.B. als Textilmaterial, bei der Papierherstellung zum Einsatz kommen (**Sändig u.a., 1971 zit. bei Hanf, 1996**).

Tabelle 3: Qualitative Eigenschaften der Sorten ‚Kompolti' (zweihäusig) und ‚Fibrimon 21' (einhäusig)

Fraktionen	Gewicht	Faser	Bieg-samkeit	Torsionswider-standsfähigkeit	Reißfes-tigkeit	Metrische Feinheit
	%	%	Hmm	10^3 /T	p_{kp}	Nm
Kompolti/ Männchen	49	31,5	26,8	19,31	6,16	141,72
Kompolti/ Weibchen	51	29,6	18,3	13,23	7,26	109,63
Kompolti/ Männchen + Weibchen	100	30,4	24,3	16,78	6,04	131,23
Fibrimon 21	-	26,7	16,0	11,80	6,25	101,25

(Quelle: **Bocsa und Karus, 1997**)

Auch nach der Zulassung wurde bei ‚Kompolti' auf Fasergehalt selektiert und die Selektion an beiden Eltern, d.h. mütterlichen und väterlichen Linien, durchgeführt. Im

Ergebnis des Faseranreicherungsprozesses erhöhte sich der Fasergehalt der Elitepflanzen im weiten Standraum von 13,5 % (1953) auf 37,6 % (1988). In derselben Zeit stieg der Hanffasergehalt der im dichten Bestand angebauten Nachkommenschaften oder Stämme von 19,3 % auf 37,6 % an. Parallel dazu ist auch die Faserausbeute des industriellen Hanfstängels größer geworden. Sie erhöhte sich von 18,0 % auf 24,2 % (Abbildung 6).

Die Steigerung des Fasergehaltes durch Selektion ist deshalb möglich, weil die genetischen Reserven des Fasergehaltes auch innerhalb einer Sorte sehr groß sind und dieser bei der Erhaltungszüchtung weiter verbessert werden kann. Die Hanfsorte ‚Kompolti' kann heute – nach vielen Jahren in der Erhaltungszucht - nicht mehr als die ursprüngliche Sorte angesehen werden, obwohl sie seit 40 Jahren immer noch den selben Namen trägt (**Bocsa und Karus, 1997**).

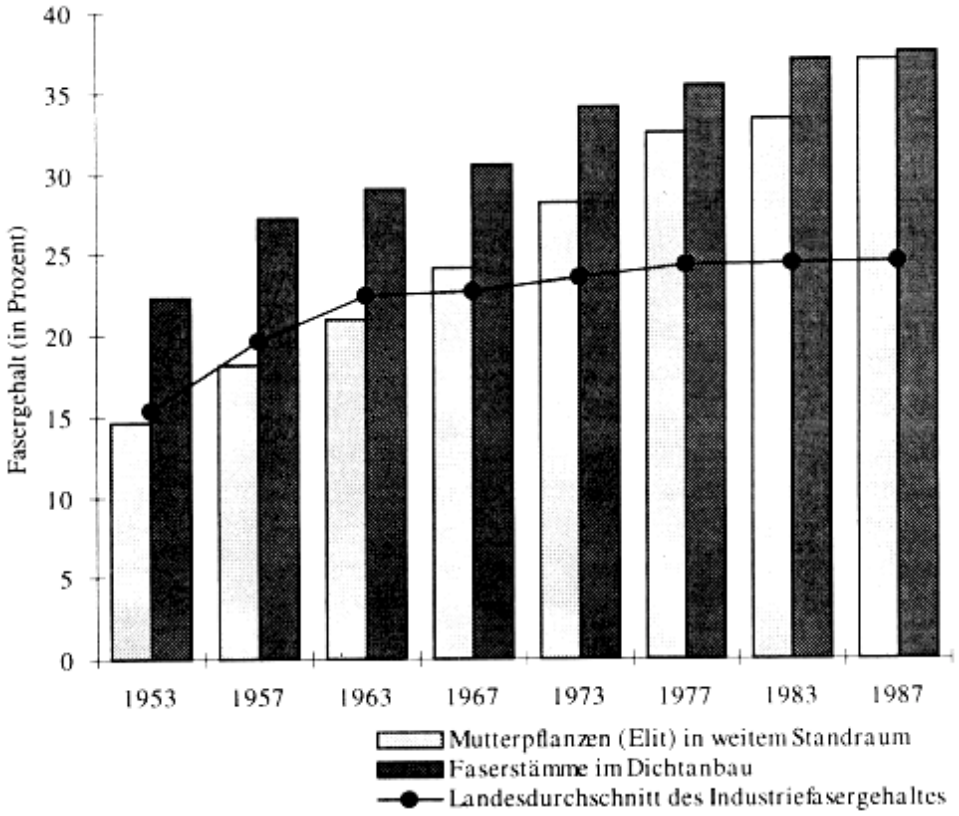

Abbildung 6: Einfluss der Züchtung auf den Fasergehalt der Sorte ‚Kompolti' (nach **Bocsa und Karus, 1997**)

2.3.2. Der Ölgehalt

Die Samen von Hanfpflanzen weisen einen hohen Fettgehalt von etwa 35 % auf. Aus den Hanfsamen kann durch Pressen ein hochwertiges Speiseöl mit bräunlichgelber, grüngelber oder dunkelgrüner Farbe gewonnen werden. Tabelle 4 zeigt die Zusammensetzung des Öls und einen Vergleich zu anderen Speiseölen. Es ist stets ein Gemisch von Fettsäuren vorhanden. Der Anteil an ungesättigten Fettsäuren liegt bei vielen Pflanzenölen bei 80 % und mehr. Die wichtigste ungesättigte Fettsäure ist die zweifach ungesättigte (cis-) Linolsäure. Linolsäure ist essentiell. Sie kann vom Menschen nicht synthetisiert werden. Wichtig ist dabei, dass bei der Verarbeitung ein Teil der cis-verknüpften Doppelbindungen nicht in die trans-Form umgewandelt wird, damit der Körper daraus die notwendigen Baustoffe produzieren kann, die aus der stabilen trans-Form nicht mehr herstellbar sind (**Steinegger und Haensel, 1988**).
Je nach Hanfsorte und Anbaugebiet variiert der Anteil an Linolsäure und beträgt im Hanföl zwischen 46 und 70 % (**Körber-Grohne, 1987**) und liegt damit im gleichen Gütebereich wie beim Sonnenblumen- und Sojaöl. Kaltgepresstes Hanföl schmeckt angenehmen nussig und eignet sich damit gut für Salate, Gemüse und Süßspeisen (**Katalyse, 1994b zit. bei Herer, 1994**).

Tabelle 4: Die Zusammensetzung von Hanföl im Vergleich zu anderen Speiseölen

Bestandteile in %	Hanföl	Sonnen-blumenöl	Soja-öl	Raps-öl	Oliven-öl	Erdnuss-öl	Lein-öl
Gesättigte Fettsäuren	9,5	7,5	14	6	14,5	17,5	13
ungesättigte Fettsäuren	83,4	86,5	85	92	84	80	90
davon Linolsäure	48,8	63	56	20	7,5	25	24
Linolensäure	22,8	0,5	8	9	1	-	49
Ölsäure	11,8	23	21	63	75,5	55	17

(Quellen: **Reuter, 1987; Oetker, 1983; Franke, 1981**)

Als gesättigte Fettsäuren wurden beim Hanföl Palmitinsäure (4-10 %) und Stearinsäure (4-10 %) gefunden (**Schuster, 1992**).

Auf Grund des niedrigeren Gehaltes an Linolensäure und eines höheren Gehalt an Linolsäure kann dieses Öl den halbtrockenen Ölen zugeordnet werden (**Raie et al., 1995**).

Das Hanföl ist wie alle Öle, die einen hohen Linolsäuregehalt aufweisen, sehr anfällig für Autooxidation und eignet sich insbesondere als hochwertiges Kaltspeiseöl. Für den praktischen Gebrauch ist günstig, dass Hanföl bis zu Temperaturen von –15°C flüssig bleibt (**Schönefeld, 1955**).

Die bei der Ölgewinnung anfallenden Pressrückstände sind ein hochwertiges Viehfutter. Der Hanfkuchen besteht zu 4,3 % aus Fett, zu 23,9 % aus Protein und zu 10,3 % aus Kohlenhydraten (**Schönefeld, 1955**).

Da die zu den Pflanzenmargarinen zählenden Margarinesorten mindestens 30 % Linolsäure enthalten müssen, eignet sich Hanföl auch zur Herstellung von Margarine (**Katalyse, 1990**). Hanföl besitzt einen hohen Anteil Linolsäure und ist damit ein hochwertiges, gesundes Speiseöl. Jüngste Untersuchungen aus Japan haben gezeigt, dass Hanföl eine cholesterinsenkende Wirkung bei Ratten besitzt (**Kemmoku, 1992**). Das Hanföl wurde medizinisch für die Herstellung von Salben gegen Ekzeme, Milchschorf und Psoriasis (Schuppenflechte) benutzt (**Wagner, 1982 zit. bei Herer, 1994**).

Hanföl kann gegen verschiedene Bakterien, wie beispielsweise Streptokokken und Mykobakterien, eingesetzt werden. (**Fournier, 1978**).

Kein pflanzliches Nahrungsmittel in der Welt kann sich mit dem Nährwert von Hanfsamen messen. Durch ein besonders ausgewogenes Verhältnis von Proteinen und essentiellen Fetten ist der Hanfsamen geradezu ideal für unsere Ernährung. Nur die Sojabohnen übertreffen den Hanfsamen mit ihrem Eiweißgehalt; aber die Zusammensetzung der verschiedenen Proteine ist nicht so günstig wie beim Hanf. Dort bestehen allein 65 % des Eiweißanteils aus Globulin (**Stockwell et al., 1964 zit. bei Herer, 1994)**.

Bei der Hanfölnutzung für Motoren werden zwei Wege unterschieden: zum einen die technische Anpassung der Motoren an die Pflanzenöle (Elsbeth-Motor) und zum anderen die züchterische oder synthetische Anpassung des Pflanzenöls an herkömmliche Dieselmotoren (Rapsölmethylester). Letzteres führt zu deutlich höheren Kosten des Bio-Treibstoffs. Hanföl kann ohne Probleme ebenso wie beispielsweise Rapsöl im Elsbeth-Motor verbrannt werden (**Seidel, 1993**).

Für die Herstellung von Kosmetika sowie im Ernährungsbereich ist der nur bei wenigen Pflanzenarten vorkommende (-Linolensäureanteil wichtig. Zahlreiche Produkte auf der Basis von Hanföl sind mittlerweile in den Handel gebracht worden. Landwirte zeigen Interesse, die Samengewinnung bei einem Anbau in den Vordergrund zu rücken. Da es gegenwärtig keine Ölhanfsorten gibt, muss auf monözische Faserhanfsorten zurückgegriffen werden. Gegenüber einem Faserhanfanbau sind verschiedene Parameter der Bestandesführung zu ändern. Deshalb wurden der Einfluss der Saatdichte und des Reihenabstandes auf die Samenertragsleistung geprüft (**Höppner, 1995**).

2.3.3. THC-Gehalt

An der Hanfpflanze befinden sich Drüsenhaare. In den Drüsenhaaren der Blütenregion des Hanfes wird das Rauschgift Haschisch (Marihuana) gebildet, dessen wirksame Bestandteile vor allem Cannabinol und Tetrahydrocannabinol (THC) sind (**Bouquet, 1938; Work et al., 1939; Hitzemann, 1941**). Hanfsamen und Fasern enthalten fast keine Cannabinoide. Aus der Klasse der Cannabinoide bei Hanf sind heute mehr als 60 Komponenten (chemische Stoffe) bekannt. Die psychoaktiv wirksamen gehören zur Gruppe der Tetrahydrocannabinoide. Auf der ganzen Oberfläche der Pflanze, außer auf Samen und Wurzeln, befinden sich Drüsen, besonders dicht auf der Unterseite der Tragblätter entlang der Blattadern und der Blätter im Bereich der Blütenstände, die Harz bilden, welches zu 80 bis 90 % aus Cannabinoiden sowie ätherischen Ölen, hochpolymeren Phenolen, Terpenen und Wachsen besteht (**Reuter, 1987**).

Der dichteste Besatz mit THC und die größten Drüsen befinden sich an weiblichen Hanfpflanzen in den Blütenregionen und hier besonders auf den Samenhüllblättern. Die Faserhanfformen enthalten in der Regel nur geringe THC-Konzentrationen, die unter 0,3 % liegen. Daher sind diese Hanfformen für eine Drogennutzung nicht geeignet (**Franke, 1992**).

In der EU sind nur Hanfsorten zum Anbau zugelassen, deren THC-Gehalt im oberen Blattdrittel unter 0,3 % liegt (EG 1984 / 1986). Bei solchen Sorten kann selbst beim Konsum großer Mengen eine Rauschwirkung ausgeschlossen werden (**Katalyse, 1994**).

Faserhanf und Drogenhanf lassen sich schon als Jungpflanzen durch den THC-Gehalt unterscheiden. Untersuchungen kamen zu dem Ergebnis, dass es anhand von THC-Messungen an Jungpflanzen möglich ist, den späteren THC-Gehalt der reifen Pflanzen vorauszuberechnen (**Cortis et al., 1985 zit. bei Herer, 1994**).

Neben den THC-Gehalten sind hierbei auch die Gehalte eines weiteren Hauptcannabinoids, des Cannabidiols (CBD), relevant. CBD gilt im Biosyntheseweg als Vorläufer des THCs (Abbildung 7) und ist meist das dominierende Cannabinoid bei den Faserhanftypen, während CBD in den THC-dominierten Drogentypen meist fehlt (**Mathieu und Fournier, 1995**).

Der THC- und der CBD-Gehalt von Hanfpflanzen wurde von verschiedenen Autorengruppen auf unterschiedliche Weise zueinander in Beziehung gesetzt. Auf Grund dieser Beziehungen und bestimmter Schwellenwerte erfolgte eine Einteilung in Drogenhanftypen, intermediäre Typen und Nicht-Drogen-Typen (**Fetterman et al., 1971; Small und Beckstead, 1973; Fournier und Paris, 1979; de Meijer et al., 1992**).

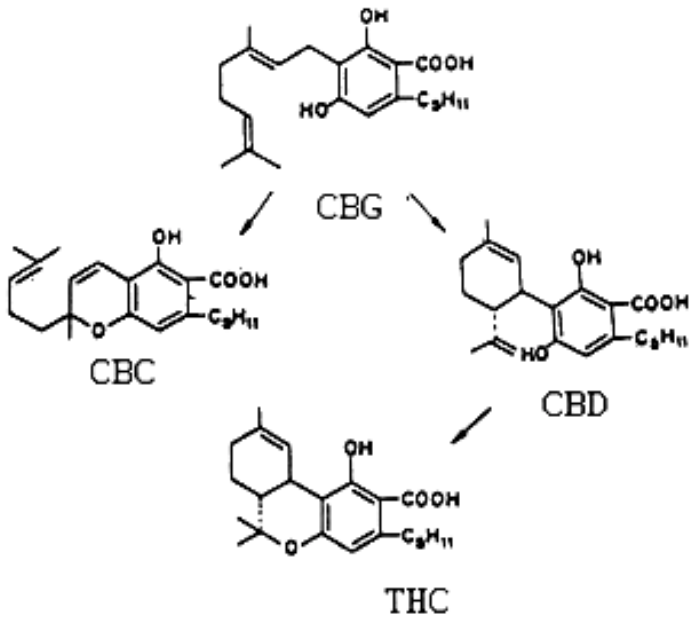

Abbildung 7: Die Biosynthese des THCs bei Hanf (Quelle: **Shoyama, et al., 1984 zit. bei Pate, 1994**)

Nach **Bocsa und Karus (1997)** kann die Züchtung auf niedrigen THC-Gehalt bei Hanfpflanzen durch Screenings mittels Dünnschichtchromatographie an für sonstige Zwecke vorselektierten Hanfpflanzen, z. B. auf den Fasergehalt der Stängel, erfolgen. Da die Hüllblätter das THC enthalten, werden diese als Probe für die chemischen Untersuchungen benutzt.

Ebenfalls wichtig ist, dass der nicht psychoaktive CBD-Gehalt groß und das THC/ CBD-Verhältnis geringer als 1 ist. Die Hanfpflanzen, die bei dieser Untersuchung keine Farbreaktion zeigen, werden mit gaschromatographischen Verfahren weiter geprüft. Nur die mit beiden Verfahren ermittelten sogenannten Minusvarianten werden im nächsten Jahr ausgesät. In Tabelle 5 ist der Gehalt von Delta-9-THC und CBD sowie deren Verhältnis zueinander in verschiedenen Hanfsorten angegeben.

Tabelle 5: Delta-9-THC- und CBD-Gehalt verschiedener Hanfsorten und deren THC/CBD-Verhältnis

Nr.	Hanfsorten	Δ-9-THC (%)	CBD (%)	THC / CBD-Verhältnis
1	Kompolti (d)	0,15	1,39	0,11
2	Juso 11 (m)	0,12	0,96	0,12
3	Felina 34 (m)	0,15	1,39	0,11
4	Futura (m)	0,15	1,21	0,12
5	Ferimon (m)	0,17	1,16	0,15
6	Fibrimon 56 (m)	0,21	1,07	0,19
7	Uniko B (d)	0,22	1,21	0,18
8	Fedrina 74 (m)	0,25	1,67	0,15
9	Fedora 19 (m)	0,26	1,41	0,18
10	Bialobrzeskie (m)	0,26	0,59	0,45
11	Kompolti Hibrid TC (d)	0,55	0,79	0,71
12	Lovrin 110 (d)	0,66	1,30	0,51
13	Secuieni 1 (m)	0,75	1,14	0,66

d – diözisch, m –monözisch

(Quelle: **de Meijer et al., 1992**)

Man hat in Frankreich und in der früheren Sowjetunion (Gluchow in der Ukraine) in den 70er Jahren mit der Züchtung auf niedrigen THC-Gehalt begonnen, gefolgt von Ungarn zu Beginn der 80er Jahre.

Wegen der Drogenproblematik beim Hanf wurde versucht, den THC-Gehalt weiter zu senken, was auch gelang. Die französischen Hanfsorten haben heute THC-Gehalte zwischen 0,17 und 0.3 % (**Small, 1979; de Meijer und van Soest, 1992**). Dies liegt im Bereich der in einer EG-Richtlinie für drogenarme Faserhanfsorten bei max. 0,3 % festgelegten Forderung (**FNPC, 1994, zit. bei Breitfeld, 1995**). Es existieren in Frankreich auch fast THC-freie Hanfsorten (0,05 %), obwohl die Erzeugung völlig THC-freier Formen biologisch unvorstellbar ist, da das THC eine wichtige, für uns allerdings noch nicht bekannte Rolle in der Pflanze spielt (**de Meijer et al., 1992**). Es gelang aber auch schon, Chemotypen mit nur 0,03 % THC zu selektieren (**Fournier, 1980 zit. bei du Bois, 1982; Hoffmann u.a., 1985**).

Die höchsten Cannabinoidgehalte wurden in den Brakteen (Blätter und Hüllblätter) gefunden und ihr Cannabinoidgehalt korrelierte mit der Menge zweier Drüsenhaartypen (**Mahlberg et al., 1984; Petri et al., 1988**). Mehrere Autoren haben nämlich Drogenhanftypen beobachtet, die generell in warmen, sonnigen und trockenen Gebieten mehr Cannabinoide bzw. THC bildeten (**Taylor et al., 1985; de Faubert Maunder, 1976; Turner et al., 1978**). Auch Faserhanfsorten in trockeneren kontinentalen Regionen haben höhere THC-Gehalte als bei maritimem Klima (**Murari et al., 1983a, b**). Hanf-Ökotypen sowohl tropischer als auch gemäßigter Hanfherkünfte wiesen eine deutliche Abnahme der Cannabinoidproduktion mit steigender Temperatur auf (**Bazzaz et al., 1975**).

2.4. Besondere Aspekte beim Anbau von Hanf

Beim Hanf richtet sich die Saatzeit nach dem Klima und den Standortverhältnissen. Für unsere mitteleuropäischen Klimaverhältnisse werden Aussaatzeiten in Abhängigkeit von der Witterung zwischen Mitte April und Mitte Mai empfohlen. Immer muss eine durchschnittliche Vegetationszeit von 100-150 Tagen (je nach Nutzungsform) gewährleistet sein (**Heuser, 1927**).

Die Hanfsamen keimen bei ausreichender Feuchtigkeit sehr schnell. Die Saat läuft nach 3 bis 5 Tagen auf. Die Keimfähigkeit liegt zwischen 90 und 96 % (**Autorenkollektiv,**

1957), wobei Feldaufgangsraten von 85 % erreicht werden können (**van der Werf et al., 1995**). Die Saattiefe sollte auf Mineralböden 3-4 cm und in Moorböden 4-5 cm betragen. Diese Tiefe ist notwendig, damit das Samenkorn in einer genügend feuchten Schicht schnell keimen kann (**Heuser, 1927; Hoffmann, 1957; FNPC, 1994, zit. bei Breitfeld, 1995**).

Beim Samenhanfanbau beträgt die Aussaatmenge 20-50 kg/ha. Üppige Hanfblütenstände bzw. Samenstände sind häufig über das gesamte obere Hanfstängeldrittel verteilt. Ölsorten bleiben meist recht klein, blühen früher und reichlich und bilden verhältnismäßig große Samen (**Hai und Rippchen, 1994**).

Beim Faserhanfanbau kommen höhere Aussaatmengen (80-100 kg/ha) zum Einsatz. Je dichter der Hanf steht, um so dünner und feiner werden die Hanfstängel und die Bildung von Verzweigungen (Seitenästen) wird unterdrückt. Daraus resultieren eine höhere Faserausbeute und eine bessere Faserqualität, wobei der Samenstand klein bleibt. Faserhanftypen werden in gemäßigten Klimaten angebaut und sind für die Drogenproduktion nicht oder wenig verwendbar. Die Drogentypen werden in wärmeren, trockeneren Klimaten kultiviert und sind zur Fasergewinnung nur schlecht geeignet. Der Fasertyp ist allgemein *Cannabis sativa* L. und der Drogentyp *Cannabis indica* genannt worden (**Starks, 1981**).

Für Faserhanfsorten können folgende Zuchtziele aufgestellt werden. An erster Stelle steht der Faserertrag. Der Faserertrag hängt einerseits vom Rohertrag und andererseits vom Fasergehalt der Stängel ab. Der Rohertrag wird durch den Holz- und Bastanteil, die Länge und Dicke der Stängel, die Zahl der Hanfpflanzen je Flächeneinheit, die Reifezeit und die Resistenz gegen Krankheiten bestimmt.

Der Samenertrag darf unter ein bestimmtes Maß nicht absinken, da sonst die Bereitstellung von Saatgut für den Faserhanfanbau nicht gewährleistet ist (**Huhnke u.a., 1951**). Beim Faserhanf ist die Hanfsamenproduktion in südlicheren Ländern günstiger durchzuführen. Die Reifebedingungen für die Hanfsamen sind dort besser und die Erträge höher (**Bartholomäus, 1963; Dambroth, 1993**). Die Hanfpflanzen müssen für die Samenproduktion genügend Zeit zur Ausreife haben. Sie sollten auch nicht in der Nähe von anderen Faserhanffeldern stehen. Es ist besser, sie in separaten Gegenden anzubauen, da die Gefahr der ungewünschten Fremdbefruchtung groß ist. Die Pollen können kilometerweit verwehen und sind mehrere Tage befruchtungsfähig (**Bartholomäus, 1963; Loch, 1995**).

Von besonderer Bedeutung sind die günstigen Eigenschaften der Hanfpflanzen für den Ackerbau. Die robusten Hanfstängel sind schnellwüchsig (ca. 2 bis 4 Meter in 100 Tagen) und unterdrücken jegliche Unkräuter. Die Hanfpflanze ist wenig anfällig für einen Schädlingsbefall. In der Regel kann ohne nennenswerte Ertragseinbußen sogar vollständig auf Pestizide verzichtet werden. Hanf eignet sich sehr gut zur Erweiterung der Fruchtfolge als Vor- und Zwischenfrucht, z.B. für Hackfrüchte und Weizen. Bei der Hanfernte bleibt der Acker unkrautfrei und mit einer sehr guten Bodenstruktur. Zusätzlich werden eine Reihe von Bodenkrankheiten unterdrückt (**Karus, 1995**).
Die Hanfpflanze hat einen hohen Nährstoffbedarf. Dieser beruht auf dem Wachstum der Pflanzen von 2- 3 cm pro Tag bei einer Höhe von 2 - 4 m in 120 - 150 Tagen (**Fischbeck u. a., 1982**).

Beim Hanfanbau gibt es zur Zeit nur wenig Schwierigkeiten mit Krankheiten und Schädlingen. Dies zeigt auch seine Selbstverträglichkeit. Bei standortgerechten Anbaubedingungen gibt es keine Probleme (**Hoffmann, 1957; FNPC, 1994 zit. bei Breitfeld, 1995; Stickland, 1995**).

Bei der Ernte werden die obersten 50 cm der Hanfpflanzen durch Köpfen der Spitzen abgetrennt. Dadurch erleichtert sich die Verarbeitung, da ein Großteil der die Verarbeitung störenden Blätter und Samen auf dem Feld verbleibt. Das Köpfen kann durch Abmähen oder Abschlägen geschehen. Durch das Abtrennen kommt es aber auch zu Verlusten an Stängel- und damit Faserertrag (**Huismann et al., 1995**).
Nach der Ernte müssen die Hanfstängel weiter aufbereitet werden, da nur deren reine Hanffasern als vermarktungsfähiges Produkt Anwendung finden (**Mann, 1998**).
Hanf wird wie Heu getrocknet. Um die Trocknung auf 4 Tage zu reduzieren, wird er gewendet. Das Knicken der Hanfstängel beim Mähen beschleunigt die Trocknung. Bei einer Feuchte von 15 % kann gepresst werden (**FNPC, 1994 zit. bei Breitfeld, 1995**).

2.5. Molekulargenetische Untersuchungen

Molekulargenetische Methoden können zur Erfassung der genetischen Diversität, zur markergestützten Selektion und zur Genomanalyse eingesetzt werden (**Peil et al., 1997**). Bei Hanf ist ein Beispiel für die markergestützte Selektion die Suche nach Markern, die

mit dem Geschlecht gekoppelt sind. Diese können dann zur Trennung in männliche und weibliche Pflanzen bei diözischen Formen vor der Blüte genutzt werden. Hier sind RAPDs (random amplified polymorphic DNA), STS (sequence-tagged-sites) und AFLPs (amplified frangment length polymorphism) zum Einsatz gekommen (**Sakamoto et al., 1995; Jagadish et al., 1996; de Meijer et al., 1992; Mandolino et al., 1999; Flachowsky et al, 2001**). Zur Genomanalyse liegen bei Hanf auch erste Karten vor (**Peil et al., 2000**).

Molekulare Marker können auch eingesetzt werden zur Bestimmung der genetischen Diversität zwischen und innerhalb von Herkünften. Hierfür eignen sich Markersysteme mit einem hohen Polymorphiegrad. Bei Hanf sind RAPDs und AFLPs genutzt worden (**Faeti et al., 1996; Flachowsky et al., 2001**).

2.6. Ausblick bei Hanf

Der Hanfanbau ging seit dem 18. Jahrhundert kontinuierlich zurück. Hervorgerufen wurde diese Entwicklung durch die Konkurrenz von Baumwolle, Kenaf, Flachs bzw. der Chemiefasern und der Papierherstellung aus Holz.

In den 80er Jahren unseres Jahrhunderts wurden nachwachsende Rohstoffe wie Flachs, Lein und Raps als Option für die Agrarwirtschaft und die verarbeitende Industrie neu entdeckt. Der Hanf wurde dabei zunächst übersehen. Der Grund dafür lag im Verbot des Hanfanbaus, da bestimmte Hanfsorten die Ausgangsbasis für die Drogenherstellung (Marihuana und Haschisch) bilden. Doch seit mehreren Jahrzehnten gibt es bereits auch Faserhanfsorten, die auf Grund ihrer sehr geringen Mengen des Wirkstoffes THC nicht als Droge missbraucht werden können. Damit Naturfasern aber konkurrenzfähig sind, muss eine gleichbleibend hohe Qualität an Fasern erreicht werden.

In Frankreich und Spanien sowie in Osteuropa wurde der Hanfanbau ohne Anbauverbot weiterbetrieben.

In Deutschland gab es nach 1960 und erst recht nach 1982 durch die Erteilung des Hanfanbauverbotes keine Hanfforschung mehr. Nur vereinzelt haben sich Wissenschaftler mehr oder weniger sporadisch mit Hanf beschäftigt (**Herer, 1994**).

In den letzten Jahren ist Hanf als alternative Kulturpflanzen weltweit wiederentdeckt worden. Ein wichtiger Grund dafür ist, dass die Pflanzen vollständig ohne ‘Abfall’ verwendet werden können (**Rehder, 1995**).