



# **Verwertung und Anbauoptimierung von Hanf als Nachhaltiger Rohstoff**

**Kurzfassung TFZ-Bericht 78**

Karolin Eichhoff  
Susanne Scholcz  
Corinna Urmann  
Maendy Fritz

**Straubing, Februar 2023**

**Titel:** Verwertung und Anbauoptimierung von Hanf als Nachwachsender Rohstoff  
(Kurzfassung TFZ-Bericht)

**Autoren:** Karolin Eichhoff  
Susanne Scholcz  
Dr. Corinna Urmann (TUM CS)  
Dr. Maendy Fritz

**Mitarbeiter:** Karolin Eichhoff  
Susanne Scholcz  
Heide Lummer  
Josef Wittmann  
Michael Kandler  
Markus Krinner  
Sebastian Kirner  
Christian Loher  
Benno Sötz  
Michael Grieb  
Maendy Fritz

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten unter dem Förderkennzeichen G2/N/19/07 gefördert. Die Projektlaufzeit geht vom 01.01.2020 bis zum 31.12.2022. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

© 2023

Technologie- und Förderzentrum  
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), Straubing

Alle Rechte vorbehalten.

Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Herausgebers in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt, verbreitet oder archiviert werden.

Unter Verwendung mineralölfreier Druckfarben (Mineralölanteil <1 %) gedruckt auf chlorfreiem Papier aus nachhaltiger, zertifizierter Waldbewirtschaftung.

**Hrsg.:** Technologie- und Förderzentrum  
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ)  
Schulgasse 18, 94315 Straubing

**Internet:** [www.tfz.bayern.de](http://www.tfz.bayern.de)

**Redaktion:** Karolin Eichhoff, Susanne Scholcz, Ulrich Eidenschink  
**Verlag:** Eigenverlag  
**Erscheinungsort:** Straubing  
**Erscheinungsjahr:** 2023

**Fotos:** TFZ

## Abstract (deutsch)

Der ab dem 19. Jahrhundert an Bedeutung verlierende Nutzhanf (*Cannabis sativa* L.) erlebt momentan einen Aufschwung als wiederentdeckte Kulturpflanze. Für den Anbau sind Spezialwissen und Erfahrungen notwendig, die für Bayern momentan nur in geringem Umfang zu Verfügung stehen. Daher wurden von 2020 bis 2022 Versuche in Straubing, Bayern (TFZ) und Ostinghausen, Nordrhein-Westfalen (HD) angelegt. Ziel des Projekts war die Ermittlung des Stickstoffbedarfs in den Nutzungsrichtungen Körner-, Cannabidiol (CBD)- und Faserhanf durch Stickstoffsteigerungsversuche (Varianten von  $N_{\min}$  bis 240 kg N/ha). Darüber hinaus wurde das Anbauverfahren mit Aussaatstärke, Reihenabstand und mechanischer Unkrautregulierung untersucht. Im CBD-Hanf wurden zusätzlich drei verschiedene Erntetermine geprüft. Weitere Versuche beschäftigten sich mit dem Anbau von Körnerhanf in Zweitfruchtstellung und dem Winterhanfanbau für die Fasernutzung. In den Ergebnissen spiegelte sich der starke Einfluss der Standortvoraussetzungen und der Witterungsbedingungen wider. Ein optimal gewählter Aussattermin, der Bodentemperaturen ab 10 °C und ausreichend Bodenfeuchte garantiert, ist ebenso Grundvoraussetzungen für eine gute Ernte wie ein passender Standort ohne Bodenverdichtungen. Niedrigere Hanfsorten, wie z.B. FINOLA, haben keine eigene ausreichende Unkrautunterdrückung, weshalb eine mechanische Unkrautregulierung mit der Hacke zu empfehlen ist. Der durchschnittliche Kornertrag lag bei einer verfügbaren Stickstoffmenge von 160 kg N/ha für die Sorte FINOLA bei 15,4 dt TM/ha (TFZ) bzw. 22,2 dt TM/ha (HD), für die Sorte Earlina 8 FC bei 10,6 dt TM/ha und für die Sorte Henola bei 10,6 dt TM/ha (beide TFZ). Die niedrige Sorte FINOLA hatte den geringsten Strohertrag (29,2 dt TM/ha), gefolgt von den Sorten Earlina 8 FC (55,0 dt TM/ha) und Henola (49,0 dt TM/ha). Zusätzlich wurde gezeigt, dass sich der Ertragsverlust durch Vogelfraß auf 2,9 dt TM/ha belaufen kann. Langstrohige Sorten wie Uso 31 und Fedora 17 sind nur bedingt für die Kornnutzung zu empfehlen, da ihre Höhe problematisch für gewöhnliche Mähdrescher ist. Der durchschnittliche Röststrohertrag im Faserhanf (Futura 75) lag mit 160 kg N/ha bei 112,2 dt TM/ha. Ein Einfluss der Stickstoffmenge auf Faserausbeute und -qualität wurde nicht festgestellt. Blütenstandertrag und CBD-Gehalt stiegen, je später die Ernte erfolgte. Die Höhe der verfügbaren Stickstoffmenge wirkte sich kaum auf den CBD-Gehalt aus. Bei 160 kg N/ha wurden Blütenerträge von 14,2 (TFZ) bzw. 18,5 dt TM/ha (HD) erzielt. Der CBD-Gehalt lag zwischen 0,53 (TFZ) und 0,58 % (HD). Der Trockenmasseertrag stieg mit zunehmender Stickstoffverfügbarkeit, der Ertragszuwachs fiel dabei ab 160 kg N/ha geringer aus (Körnerhanf) oder blieb komplett aus (Faserhanf). Obwohl die Angabe im Gelben Heft für die Faserhanfnutzung verfasst wurde, scheint sie auch für die CBD- und Körnerhanfnutzung angemessen. Es gibt keine Anhaltspunkte, von dem dort empfohlenen Stickstoffbedarf von 160 kg N/ha abzuweichen. Wird mit einem geringen Ertragsniveau gerechnet, ist eine Reduzierung der Düngemenge auf maximal 120 kg N/ha anzuraten, um Stickstoffverluste zu vermeiden. Die Etablierung von Hanf in Zweitfruchtstellung erwies sich als schwierig und ist daher nicht zu empfehlen. Der Erfolg des Winterhanfanbaus war stark abhängig von den Witterungsbedingungen und empfiehlt sich nur für ausgewählte Standorte.

## Abstract (englisch)

The production of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) in Germany has increased significantly over the past few years, and interest in the agricultural sector remains high. The lack of agronomic guidelines, however, presents a huge limiting factor for the local hemp production in Germany. Therefore, this study assessed production methods (planting distance/weed control/date of sowing), nitrogen fertilization (0 kg additional N/ha to a total of 240 kg available N/ha) for seed, fiber and Cannabidiol (CBD) use in different hemp cultivars as well as cultivation of hemp as a secondary main crop or winter catch crop. The same experiments were conducted once at a site in Straubing, Bavaria (TFZ) and once at a site in Ostinghausen, North Rhine-Westphalia (HD). The findings showed that local and weather conditions have a high impact on the results. For the production methods the results showed that date of sowing, with soil temperatures over 10 °C and sufficient soil moisture as well as a suitable location and the lack of soil compaction are crucial to a good harvest. Hemp cultivars with low heights, like FINOLA, need mechanical weed control via hoe. With an available nitrogen level of 160 kg N/ha the mean grain yield was 15.4 dt TM/ha (TFZ) and 22.2 dt TM/ha (HD) for the cultivar FINOLA, 10.6 dt TM/ha (TFZ) for the cultivar Earlina 8 FC and 10.6 dt TM/ha (TFZ) for the cultivar Henola. The lowest straw yield was produced by the cultivar FINOLA (29.2 dt TM/ha), followed by the cultivar Henola (49.0 dt TM/ha) and Earlina 8 FC (55.0 dt TM/ha). It was also shown that the loss of earnings due to bird feeding can be as much as 2.9 dt TM/ha. Since cultivars with long straw, like Uso 31 and Fedora 17, can be problematic for common harvesters due to their height they can only be partially recommended for seed use. The mean yield of roasted straw with an available nitrogen level of 160 kg N/ha was 112.2 dt TM/ha. An impact of nitrogen on fiber yield or fiber quality could not be determined. Flower yield and CBD content increased the later the flowers were harvested. Available nitrogen had almost no impact on the CBD content of the plants. With an available nitrogen level of 160 kg N/ha flower yields of 14.2 dt TM/ha (TFZ) and 18.5 dt TM/ha (HD) could be obtained, respectively. The CBD content was between 0.53 % (TFZ) and 0.58 % (HD). The experiments showed that dry matter yield increases with the rise of available nitrogen. This is true for seed, fiber as well as CBD use. For fiber and CBD use, however, a stagnation/reduction in yield increase can be observed, if the available nitrogen exceeds 160 kg N/ha. For seed use the yield increases even with available nitrogen above 160 kg N/ha. Though the nitrogen intake decreases and as a result nitrogen accumulates within the soil. Therefore, the amount of 160 kg N/ha is suitable for all three uses. If lower yields are expected due to suboptimal site conditions, it is advised to reduce the available nitrogen to 120 kg/ha to prevent nitrogen losses. The cultivation of hemp as a second main crop was unsuccessful and cannot be advised. Hemp as winter catch crop is strongly dependent on site and weather conditions and can only be recommended in certain areas.

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>Abstract (deutsch)</b> .....	<b>3</b>
<b>Abstract (englisch)</b> .....	<b>4</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>6</b>
<b>2 Problemstellung</b> .....	<b>7</b>
<b>3 Material und Methoden</b> .....	<b>8</b>
3.1 Standortbedingungen.....	8
3.2 Versuchsdesign und Bestandesführung .....	8
3.3 Datenerhebung, Bonituren und Analysen .....	9
<b>4 Ergebnisse und Diskussion</b> .....	<b>10</b>
4.1 Entwicklungs- und Wachstumsverlauf von Nutzhanf .....	10
4.2 Versuch zur Produktionstechnik im Körnerhanf .....	11
4.3 Versuch zur Stickstoffsteigerung im Faserhanf .....	13
4.4 Versuch zur Stickstoffsteigerung im CBD-Hanf.....	15
4.5 Versuch zur Stickstoffsteigerung im Körnerhanf .....	16
4.6 Versuch zum Winterhanfanbau .....	19
4.7 Zusätzliche Versuche des TFZ .....	20
<b>5 Fazit und Empfehlungen für die Praxis</b> .....	<b>21</b>
5.1 Rechtliche Regelungen .....	21
5.2 Produktionstechnik.....	21
5.3 Stickstoffversorgung .....	22
5.4 Vermarktung .....	22
<b>Quellenverzeichnis</b> .....	<b>23</b>

## 1 Einleitung

Sich ändernde klimatische Bedingungen wie Wetterextreme lassen im landwirtschaftlichen Bereich Stimmen nach wirtschaftlichen Alternativkulturen, die auch auf Böden mit geringerer Fruchtbarkeit angebaut werden können, laut werden. Gesucht sind insbesondere Kulturen, die eine Möglichkeit regionaler Wertschöpfung durch lokale Verarbeitung bieten.

Nutzhanf, auch Kultur- oder Industriedhanf genannt, ist eine einjährige Pflanze aus der Familie der Hanfgewächse, zu denen unter anderem auch der Hopfen gehört. Die ursprünglich aus Zentralasien stammende Pflanze zählt zu den ältesten und vielseitigsten Nutzpflanzen der Menschheit und wurde deshalb in der Vergangenheit in fast allen europäischen Ländern kultiviert. Der ab dem 19. Jahrhundert an Bedeutung verlierende Nutzhanf erlebt momentan einen Aufschwung als wiederentdeckte Kulturpflanze. In Deutschland spiegelt sich das wiedererwachte Interesse an der vergleichsweise robusten Kultur durch stetig zunehmende Anbauflächen wider.

In der Vergangenheit wurde Nutzhanf insbesondere als Faserpflanze zur Herstellung von Textilien und Seilen verwendet. Heutzutage werden die Bastfasern und Schäben (die holzigen Teile) des Stängels zudem noch als Industriewerkstoff in der Zellstoff- und Papierindustrie sowie als Baumaterial genutzt. Die ernährungsphysiologisch wertvollen Samen (geschält oder ungeschält, gepresst als Hanföl und Presskuchen bzw. Hanfmehl) werden hauptsächlich im Lebensmittel- und Futtermittelbereich vermarktet. Die Blüten und Blätter von Nutzhanf werden als Nahrungsergänzungs- und Lebensmittel sowie zu medizinischen Zwecken genutzt.

Auch wenn die Anbaufläche von Hanf als Rohstoffpflanze in Bayern bisher noch sehr gering ist, steigt das Interesse an der Kultur stetig. Insbesondere der geringe Bewirtschaftungsaufwand macht die Pflanze als alternative Frucht für die Pflanzenproduktion für Landwirte interessant. Zunehmende Anbauflächen, das Hinzukommen neuer Nutzungsrichtungen sowie Fruchtfolgestellungen stellen allerdings neue Herausforderungen für Produktions- und Erntetechnik sowie nötige Qualitäten dar.

Große Unklarheit besteht auch bezüglich der rechtlichen Situation zum Anbau der Kultur. Das Technologie- und Förderzentrum berät jährlich Landwirte und Berater zur Durchführung des Hanfanbaus und zu den damit verbundenen Meldungs- und Nachweispflichten. Die bisher von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) und dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF) bereitgestellten Informationen scheinen für die Klärung der Anforderungen in der landwirtschaftlichen Praxis nicht auszureichen.

Mit den erweiterten Erkenntnissen aus dem aktuellen Projekt zur Verwertung und Anbauoptimierung von Hanf als nachwachsender Rohstoff (OptiHemp) soll die Basis für die Anbauberatung ausgebaut und gefestigt werden. Der vorliegende Bericht enthält die gesammelten Ergebnisse der Versuchsjahre 2020 bis 2022.

## 2 Problemstellung

Der ab dem 19. Jahrhundert an Bedeutung verlierende Nutzhanf erlebt momentan einen Aufschwung als wiederentdeckte Kulturpflanze. In Deutschland spiegelt sich das wiedererwachte Interesse anhand steigender Anbauflächen wider. Allein in Bayern stieg die Anbaufläche von 73 ha im Jahr 2005 [22] auf 840 ha im Jahr 2022 [23] an. Deutschlandweit konnte ein Anstieg von 2156 ha (2005) [22] auf 6943 ha (2022) [23] verzeichnet werden.

In der Vergangenheit wurde der Nutzhanf insbesondere als Faserpflanze verwendet. Heute kann die Multi-Purpose-Pflanze Hanf annähernd komplett genutzt werden. Schäben und Bastfasern des Stängels werden als Industriewerkstoffe in der Zell- und Papierindustrie sowie als Baumaterial genutzt. Die ernährungsphysiologisch wertvollen Samen finden Anwendung im Lebensmittel- und Futtermittelbereich. Die Blüten und Blätter der Pflanze werden als Nahrungsergänzungs- und Lebensmittel sowie zu medizinischen Zwecken genutzt. Allerdings stellen diese „neuen“ Nutzungs- und Produktionsrichtungen neue Herausforderungen für den Anbau und die Erntetechnik dieser Kultur dar.

Für den Anbau der Kultur sind Spezialwissen und Erfahrungen notwendig, die für Bayern momentan nur in geringem Umfang zu Verfügung stehen. Damit der Nutzhanf sein Potential zur Wertschöpfung voll entfalten kann, müssen Daten und Erfahrungen zu allgemeinen Produktionstechniken erarbeitet werden. Generelle Kenntnisse über die geographisch bedingte Anbaueignung und standortbezogene Sortenwahl fehlen momentan genauso wie sorten- und standortbezogene Ertragserwartungen und Richtwerte für Qualitätsziele der verschiedenen Nutzungsrichtungen. Außerdem fehlen Informationen zur Preissituation für Hanf-Produkte, da diese wichtige Entscheidungsgrundlage für den Anbau und die erfolgreiche Vermarktung sind. Die Verfügbarkeit und Existenz geeigneter Spezialtechnik stellt insbesondere für die Ernte eine große Herausforderung dar.

Ziel dieses Projektes ist es, die im Kurzprojekt „Hanf zur stofflichen Nutzung: Stand und Entwicklung“ gewonnen Erkenntnisse und Erfahrungen zum Hanfanbau zu vertiefen und auf die bereits stattgefundene Netzwerkarbeit auszubauen. In dem vorliegenden Forschungsprojekt sollen daher produktionstechnische Fragen in Bezug auf die jeweilige Nutzungsrichtung sowie die Möglichkeit der mechanischen Unkrautregulierung geklärt werden. Hier ist unter anderem die Erarbeitung konkreter Sortenempfehlungen und der Fruchtfolgegestaltung von großem Interesse. Zudem sollen Standortvoraussetzungen und deren Einfluss auf Ertrags- und Qualitätsparameter geprüft werden. Durch Bestimmung des Stickstoff-Düngebedarfs für die jeweiligen Nutzungsrichtungen und der Gehalte an mineralischem Stickstoff im Boden soll eine ökologische Bewertung des Hanfanbaus stattfinden. Des Weiteren sollen durch das Projekt mögliche Verwertungsvarianten und Möglichkeiten zur Koppelnutzung, sowie zur optimalen Wertschöpfung aufgezeigt werden. Intensive Netzwerkarbeit soll dazu dienen, wichtige Kontakte zur verarbeitenden Industrie, Verleihmöglichkeiten für Erntegeräte, Rechtliche Informationen und daraus resultierende Marktanforderungen, bereitzustellen. Über Zielgruppen angepasste Veranstaltungen und Informationsmaterialien, sollen Praktiker, Multiplikatoren, Verarbeiter und die interessierte Bevölkerung auf den neuesten Stand der Forschung gebracht werden.

## 3 Material und Methoden

### 3.1 Standortbedingungen

Die Versuche im Projekt „OptiHemp“ wurden von 2020 bis 2022 an den Standorten Technologie- und Förderzentrum (Straubing, Bayern) und Haus Düsse (Ostinghausen, Nordrhein-Westfalen) durchgeführt.

Die im Projekt genutzten Versuchsflächen des Technologie- und Förderzentrums liegen zwischen Straubing, Ittling und Aiterhofen und gehören zur Landschaftseinheit des Gäubodens. Als Bodentyp liegt eine Parabraunerde aus Löss mit Bodenzahlen zwischen 76 und 84 vor. Für jedes Versuchsjahr wurde im Vorjahr Winterweizen mit anschließender Senf-Zwischenfrucht angebaut. Im November folgte eine Herbstfurche. Im Folgenden wird dieser Versuchsstandort als „TFZ“ bezeichnet. Das Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen befindet sich am Rande der Ortschaft Ostinghausen, welche sich in der Region Soester Börde zentral im heutigen Westfalen befindet. Die Bodentypen sind Gley-Parabraunerden und Parabraunerden-Gleye. Vorherrschende Bodenarten sind fruchtbare Lehmböden aus Löss, mit z. T. mehr als 80 Bodenpunkten. Dieser Standort wird als nachfolgend als „HD“ bezeichnet.

Die drei Versuchsjahre unterschieden sich in Bezug auf die Witterungsverhältnisse deutlich voneinander. Insbesondere die Niederschlagssumme schwankte stark. Während der gesamten Vegetationszeit von April bis August wurde am Standort TFZ ein durchschnittlicher Niederschlag von 277 mm im Jahr 2020, 436 mm im Jahr 2021 und 255 mm im Jahr 2022 festgestellt. Am Standort HD waren während der Vegetationszeit von April bis August 235 mm im Jahr 2020, 356 mm im Jahr 2021 und 208 mm im Jahr 2022 zu beobachten. Die Temperaturen zeigten geringere Schwankungen zwischen den Jahren. Die Höhe der Globalstrahlung wich zwischen den Jahren nur geringfügig voneinander ab, während sich die Wärmesummen deutlich voneinander unterschieden. Beim Vergleich der beiden Standorte fällt auf, dass zwar die Wärmesummen nahezu identisch waren, die Globalstrahlung am Standort TFZ aber deutlich höher lag als am Standort HD. Der Grund dafür ist die geographische Lage, während die Wärmesumme von dem Versuchsjahr und damit den Witterungsbedingungen abhängt.

### 3.2 Versuchsdesign und Bestandesführung

An beiden Standorten wurde ein Versuch zur Produktionstechnik im Körnerhanf, zur Stickstoffsteigerung im CBD- und Körner-Hanf und ein Versuch zum Winterhanfanbau angelegt. Zusätzlich wurden am Standort TFZ ein Versuch zur Stickstoffsteigerung im Faserhanf, zu Körnerhanf in Zweitfruchtstellung, zur Ermittlung des Ertragsverlustes durch Vogelfraß und zum Anbau von Hanf als Frühsaat angelegt. Bei allen Versuchen handelte es sich mit Ausnahme des Vogelfraß-Versuchs um vollständig randomisierte Anlagen mit vier Wiederholungen. Als „weiter“ Reihenabstand wird im Folgenden ein Abstand von 37,5 cm und als „enger“ ein Abstand von 14 cm (TFZ) bzw. 12,5 cm (HD) bezeichnet. Gedüngt



wurde mit Kalkammonsalpeter. Die Aussaat aller Versuche erfolgte mit der Parzellensämaschine in 3 cm Tiefe. Alle Körnerversuche wurden mithilfe des Parzellendreschers mit konventionellem Getreideschneidwerk, die Blütenstände im CBD-Versuch mit einem Grünguternter und der Faserhanf mit einem Mähbalken geerntet.

Der Körnerversuch zu den produktionstechnischen Eigenschaften wurde mit der Sorte FINOLA als zweifaktorielle Block-Spaltanlage angelegt. Den ersten Faktor stellte der Saattermin (früh/spät), den zweiten die Reihenweite bzw. Unkrautregulierungsmaßnahme (UKR) mit einer Hacke (eng/weit - ohne UKR; weit + mit UKR) dar. Die Aussaat erfolgte Ende April und Anfang Mai mit einer Saatstärke von 100 keimfähigen Körnern pro m<sup>2</sup> (kf Kö/m<sup>2</sup>). Zusammen mit dem N<sub>min</sub>-Vorrat des Bodens standen 120 kg N/ha zur Verfügung. Die Stickstoffsteigerungs-Versuche wurden Anfang Mai ausgesät. Die Aussaat der Faserhanfsorte Futura 75 erfolgte mit einem engen Reihenabstand und einer Saatstärke von 350 kf Kö/m<sup>2</sup>. In den Versuchen zu CBD-Hanf (FINOLA) und Körnerhanf (FINOLA, Earlina 8 FC, Henola, Uso 31, Fedora 17) wurden 100 kf Kö/m<sup>2</sup> mit einem weiten Reihenabstand ausgesät. Die Versuche wurden Ende Mai bzw. Anfang Juni je nach Variante mit unterschiedlichen Aufwandmengen an Stickstoff gedüngt. Daraus ergaben sich die Varianten N<sub>min</sub>, 80, 120, 160, 200 und 240 kg N/ha. Die N<sub>min</sub>-Werte lagen am Standort TFZ bei 54 (2020), 80 (2021) und 48 kg N/ha (2022). Am Standort HD waren es 78 (2020), 85 (2021) und 178 kg N/ha (2022). Der Winterhanfversuch wurde als zweifaktorielle Blockanlage angelegt. Den ersten Faktor stellte die Sorte (Santhica 27; Fedora 17), den Zweiten der Aussaattermin dar. Die Aussaat erfolgte mit einem engen Reihenabstand und einer Saatstärke von 156 kf Kö/m<sup>2</sup>. Der Körnerversuch in Zweitfruchtstellung wurde mit den Sorten FINOLA, Earlina 8 FC, Henola und Fedora 17 angelegt. Als Vorfrucht stand in beiden Versuchen Wintergerste auf der Fläche. Die Aussaat erfolgte analog zum Versuch zur Stickstoffsteigerung in Körnerhanf. Der Vogelfraßversuch wurde mit der Sorte FINOLA als einfaktorielle Blockanlage mit zwei Wiederholungen angelegt. Dabei variierte nur die Vogelschutzmaßnahme (mit Netz/ohne Netz). Der Versuch zum Anbau von Hanf als Frühsaat wurde mit den Sorten FINOLA und Fedora 17 als einfaktorielle Blockanlage angelegt. Für die Sorte FINOLA erfolgten Aussaat, Saatbettbereitung und Ernte in beiden Versuchen analog zur Variante weit + im Versuch zur Produktionstechnik im Körnerhanf und für die Sorte Fedora 17 analog zum Versuch zur Stickstoffsteigerung im Faserhanf.

### 3.3 Datenerhebung, Bonituren und Analysen

Vor der Aussaat wurden die Temperatur und Feuchte des Bodens bestimmt und eine Bodenanalyse durchgeführt. Während der Vegetationszeit fanden Bonituren zur Bestandesdichte, Wuchshöhe, zum Entwicklungsstadium und Flächendeckungsgrad statt. Nach der Ernte wurde der Trockenmasseertrag bestimmt, Pflanzenanalysen des Stroh, Bestimmung der Cannabinoid-, Öl- und Stickstoffgehalte und eine Weender Analyse der Körner durchgeführt. Im Faserhanf wurde nach erfolgter Feldröste der Ertrag bestimmt, Pflanzenanalysen durchgeführt und Proben zur Bestimmung der Faserqualität an die Steinbeis GmbH übergeben. Im CBD-Hanf wurden die Blütenstände hinsichtlich der THC- und CBD-Gehalte untersucht.

## 4 Ergebnisse und Diskussion

### 4.1 Entwicklungs- und Wachstumsverlauf von Nutzhanf

Im Vergleich der Standorte wurde beobachtet, dass sich die Bestände am Standort TFZ schneller entwickelten als die des Standortes HD. Bei der Betrachtung der verschiedenen Aussaattermine zeigte sich, dass sich der zweite Aussaattermin in der Regel schneller entwickelte als der erste Aussaattermin. Diese Beobachtungen können auf Temperaturunterschiede bei der Aussaat zurückgeführt werden. Warme und feuchte Böden sind eine Grundvoraussetzung für den erfolgreichen Anbau [14]. Wie in der Literatur beschrieben entwickelte sich die zweihäusige Sorte FINOLA etwas schneller [9] als die einhäusigen Sorten Earlina 8 FC bzw. Henola und erreichte die einzelnen Entwicklungsstadien bis zu sieben Tage früher. Die Faserhanfsorte Futura 75 wies im Vergleich zu den Körnerhanfsorten einen deutlich längeren Wachstumszyklus auf. Im Vergleich zur Körnerhanfsorte FINOLA befand sich der Faserhanfbestand deutlich länger im Stadium des Längenwachstums und im Stadium der Blüte. Dies ist nicht verwunderlich, da bei Faserhanf das Hauptaugenmerk der Züchtung auf der Generierung von Biomasse/Fasern liegt und somit eine ausgedehntes Längenwachstumsstadium explizit gewünscht ist. Sowohl beim Körnerhanf als auch bei CBD- und Faserhanf wurden zwischen den verschiedenen Düngestufen kaum Unterschiede im Entwicklungsverlauf dokumentiert. Dies deutet darauf hin, dass sich die Pflanzen durch die verfügbare Stickstoffmenge nicht in ihrer Entwicklungsgeschwindigkeit beeinflussen ließen.

Ähnlich wie der Entwicklungsverlauf wies der Wachstumsverlauf von Nutzhanf nur geringe Unterschiede auf. Beim Vergleich der Aussaattermine wurde festgestellt, dass die Wachstumsgeschwindigkeit des zweiten Aussaattermins, in der Phase des schnellen Längenwachstums, deutlich höher war als die des ersten Aussaattermins. Dieses Phänomen wurde an beiden Standorten und in nahezu allen Versuchsjahren beobachtet. Eine mögliche Erklärung könnten die höheren Temperaturen und die damit verbundenen, verbesserten Stoffwechselaktivitäten der Pflanzen sein [11]. Im Standortvergleich fiel auf, dass die Wachstumskurve am Standort HD im Vergleich zur Wachstumskurve des TFZ in der Phase des raschen Längenwachstums deutlich steiler verlief. In den Stickstoffsteigerungsversuchen wurde, nach einer anfänglich parallel verlaufenden Wachstumsphase, beobachtet, dass mit steigender Düngung das Wachstum je Zeiteinheit ebenfalls anstieg. Auffällig war, dass zwischen den Varianten mit einer verfügbaren Stickstoffmenge von 80 und 160 kg N/ha die Wachstumsgeschwindigkeit eine deutlich größere Zunahme zeigte als zwischen den anderen Varianten. Der Vergleich der Wachstumskurven unterschiedlicher Sorten zeigt, dass zwischen den Wachstumsverläufen der Körnerhanfsorten FINOLA und Earlina 8 FC und der Faserhanfsorte Futura 75 ein deutlicher Unterschied zu erkennen ist. So ähnelten sich die Wachstumsverläufe der Körnerhanfsorten, abgesehen von der Geschwindigkeit und daraus resultierenden Endhöhe, indem sie eine Phase des langsamen Wachstums gefolgt von einer Phase des schnellen Wachstums und erneut einer Phase des langsamen Wachstums bis zum Erreichen der Endhöhe und dem damit einhergehenden Plateau aufwiesen. Die Faserhanfsorte Futura 75 wies lediglich den Beginn der letzten Phase auf, da die Bestände vor Erreichen des Plateaus bereits beerntet wurden.

## 4.2 Versuch zur Produktionstechnik im Körnerhanf

Die Pflanzen der Sorte FINOLA erreichten am Standort TFZ eine Höhe zwischen 88 und 114 cm. Zwischen den Varianten und Aussaatterminen waren, mit Ausnahme des Jahres 2022, in dem die später ausgesäten Pflanzen mit 112 cm fast 20 cm höher waren, keine signifikanten Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ) nachzuweisen. Für gewöhnlich erreicht die Sorte FINOLA eine Pflanzhöhe von 1,5 m [10]. Am Standort TFZ wurde dies nicht erreicht. Am Standort HD dagegen waren die Pflanzen zwischen 103 und 175 cm groß. In allen Jahren waren die Pflanzen in der Variante weit + am höchsten. Der durchschnittliche Feldaufgang über alle Varianten am Standort TFZ variierte für den ersten Aussaattermin (AST) zwischen 58 und 78 %. Für den zweiten Aussaattermin lag er zwischen 49 und 67 %. In allen drei Jahren war der Feldaufgang für den ersten Aussaattermin in der Variante eng am höchsten und nahm über die Variante weit - hin zur Variante weit + stetig ab. Die Selbstausdünnung schwankte zwischen -10 % und 55 %. Es ließen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Selbstausdünnung und den Aussaatterminen oder Reihenweiten im Jahr 2020 und 2021 feststellen. Im Jahr 2022 war die Selbstausdünnung der Pflanzen, die später gesät wurden, signifikant niedriger. Im Jahr 2021 lag der Feldaufgang am Standort HD bei 66 % und im Jahr 2022 bei 67 %. Die Selbstausdünnung war, mit Ausnahme des zweiten Aussaattermins im Jahr 2022, in der Variante weit + am geringsten. Über alle Jahre ließen sich signifikante Effekte durch das Jahr, und damit durch die Witterungsbedingungen, auf die Selbstausdünnung beobachten. Für den ersten Aussaattermin stieg der Unkrautdeckungsgrad (UDG) am Standort TFZ von durchschnittlich 4,2 % vor der Unkrautregulierung (UKR) auf 15,5 % vor der Ernte an. Am Standort HD lag der UDG bei 15,7 % vor UKR und 22,7 % vor der Ernte. Der geringste UDG vor der Ernte wurde meist für die Variante weit + festgestellt (Abbildung 1). Das Jahr 2022 zeichnete sich durch den geringen UDG an beiden Standorten aus. Dies ist am Standort TFZ durch die optimalen Aussaatbedingungen zu erklären. Am Standort HD war bekannt, dass auf der ausgewählten Fläche ein sehr niedriger Unkrautdruck herrscht.

Der Kornertrag am Standort TFZ lag bei durchschnittlich 9,4 dt/ha im Jahr 2020, 9,7 dt/ha im Jahr 2021 und bei 14,4 dt/ha im Jahr 2022. Innerhalb eines Jahres waren die Schwankungen zwischen den Varianten sehr gering. Von einem geringen Effekt der Reihenweite auf den Kornertrag wurde auch in einer anderen Studie berichtet [29]. Über alle Jahre betrachtet bestand, bei Reihenabstand, Aussaattermin und Kornertrag, keine signifikante Korrelation zwischen den Varianten. Im Jahr 2022 wurde ein etwas höherer Kornertrag erreicht als in den ersten beiden Versuchsjahren. Gründe für den erhöhten Ertrag im letzten Versuchsjahr könnten die im Vergleich zu den anderen Jahren höhere Wärmesumme und Globalstrahlung sein, wenngleich in den Monaten Juli und August mit insgesamt 43 mm ein sehr geringer Niederschlag zu verzeichnen war. Der Strohertrag lag bei 27,9 dt/ha im Jahr 2020, 26,8 dt/ha im Jahr 2021 und bei 28,4 dt/ha im Jahr 2022. Es waren weder Veränderungen zwischen den Varianten noch zwischen den Jahren zu beobachten. Am Standort HD wurde ein Kornertrag von 19,0 dt/ha im Jahr 2020, 20,8 dt/ha im Jahr 2021 und 13,8 dt/ha im Jahr 2022 erreicht. In keinem Jahr ließen sich signifikante Unterschiede zwischen den Varianten feststellen. Anders als am Standort TFZ, war das Jahr 2022 ein ertragsschwächeres Jahr, was vermutlich an den mit 156 mm geringen

Niederschlägen im Zeitraum von Mai bis August lag und somit das Wachstum limitierte. Die Ergebnisse am Standort HD in den Jahren 2020 und 2021 korrespondierten mit den Angaben des Züchters, dass um den 50. Breitengrad Kornenerträge um 20 dt/ha erreicht werden können [8].

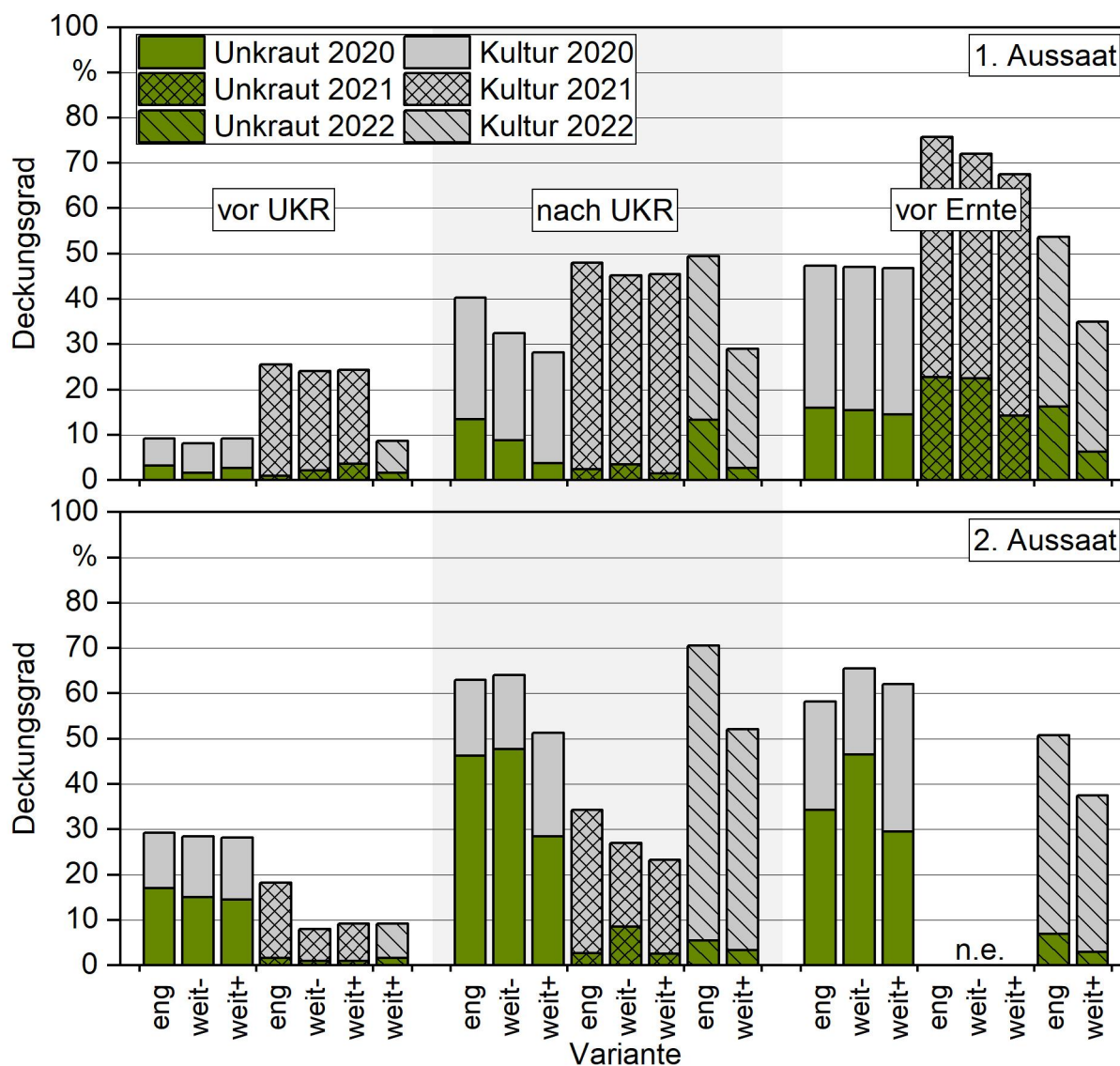


Abbildung 1: Unkraut- und Kulturdeckungsgrad am Standort TFZ vor Unkrautregulierung (UKR), nach UKR und vor der Ernte in Abhängigkeit von Jahr und Variante

Die Kornenerträge waren am Standort TFZ im Jahr 2022 und am Standort HD im Jahr 2021 am höchsten. Interessant ist, dass in diesen beiden Jahren die Niederschlagssumme in den Monaten Mai und Juni in einem ähnlichen Bereich lag. Ist deutlich weniger oder mehr Wasser vorhanden, fiel der Kornenertrag niedriger aus. Ähnliche Beobachtungen wurden in einem fünfjährigen Versuch zu den Erträgen von Hanf verschiedener Nutzungsrichtungen gemacht, in dem die Ergebnisse deutliche Ertragsrückgänge bei zu viel (> 80 mm) oder zu wenig Wasser zu Vegetationsbeginn zeigten [28]. Ein jährlicher Niederschlag von

600 mm kann als grober Anhaltspunkt zur Sicherstellung des Wasserbedarfs von Hanf genutzt werden [12]. Allerdings ist der Wasserbedarf für Hanf in den ersten sechs Wochen am höchsten [24]. Zusätzlich ist Hanf in dieser Zeit empfindlicher gegenüber Trockenheit, da sein Wurzelsystem noch nicht so stark ausgebildet ist [12]. Dass am Standort HD bereits in dieser Phase Wasser gefehlt hat, könnte den geringeren Ertrag im Vergleich zu den Versuchsjahren 2020 und 2021 erklären, wohingegen am Standort TFZ geringe oder keine Ertragsrückgänge zu verzeichnen waren. Die Wasserverfügbarkeit stellt einen entscheidenden Faktor im Erfolg des Hanfanbaus dar. Dies spiegelt sich auch in den Erträgen der weiteren Versuche wider.

### 4.3 Versuch zur Stickstoffsteigerung im Faserhanf

Die Höhe der Pflanzen lag über alle Jahre zwischen 182 und 297 cm. Bei einer verfügbaren Stickstoffmenge von 160 kg N/ha waren die Pflanzen im Jahr 2020 mit 284 cm am größten und im Jahr 2021 mit 270 cm am kleinsten. Innerhalb eines Jahres ließen sich signifikante Unterschiede allerdings nur zwischen der ungedüngten Variante  $N_{\min}$  und den gedüngten Varianten, nicht aber innerhalb der verschiedenen Dünge­stufen ermitteln. Der Stängeldurchmesser stieg mit steigender Stickstoffmenge kontinuierlich an, nahm im Versuchsjahr 2022 allerdings im Vergleich von der Variante 200 und 240 wieder etwas ab. Sowohl die verfügbare Stickstoffmenge als auch das Jahr wirkte sich nachweislich auf die Pflanzenhöhe aus. Besonders durch fehlende Niederschläge zwischen April und Juni wird die Keimung und das Jugendwachstum limitiert [28], was sich wiederum auf die Wuchshöhe auswirken kann. Der Feldaufgang lag im Jahr 2020 bei durchschnittlich 98,6 %. Im Jahr 2021 liefen 72,6 % der ausgesäten Körner auf und im Jahr 2022 war der Feldaufgang mit 55,7 % am geringsten. Durchschnittlich lag die Selbsta­sdünnung im Jahr 2020 bei 39,9 %, im Jahr 2021 bei 22,5 % und im Jahr 2022 bei 14,8 %. Die Selbst­ausdünnung war bei niedrigem Feldaufgang geringer als bei hohem Feldaufgang. Je mehr Stickstoff zu Verfügung war, desto stärker hat sich der Bestand ausgedünnt. Der Zusammen­hang zwischen Stickstoffdüngung und Selbstausdünnung zeigte sich auch in weiteren Versuchen [21] [27]. Sowohl die Anpassung der Bestände bei steigender Stickstoffverfügbarkeit als auch die Veränderung angepasst an die Höhe des Feldaufgangs bestätigt, wie stark sich Hanfbestände selbst regulieren.

Bei einer verfügbaren Stickstoffmenge von 160 kg N/ha lag der Trockenmasseertrag des ungerösteten Stroh­es im Jahr 2020 bei 117,6 dt/ha, im Jahr 2021 bei 125,6 dt/ha und im Jahr 2022 bei 163,7 dt/ha. Der Röststrohertrag war bei 160 kg N/ha im ersten Versuchsjahr mit 91,1 dt/ha am geringsten, gefolgt von dem Jahr 2021 mit 102,8 dt/ha. Im Jahr 2022 war der Röststrohertrag mit 145,0 dt/ha am höchsten. In den ersten beiden Jahren war er in der Variante  $N_{\min}$  signifikant niedriger als in den anderen Varianten, die dann nur noch tendenziell mit steigender Stickstoffverfügbarkeit anstiegen. Im letzten Versuchsjahr zeigte sich eine Tendenz des zunehmenden Ertrags mit steigender Stickstoffverfügbarkeit bei abnehmenden Ertragszuwachs. Die Röststroherträge bei einer verfügbaren Stickstoffmenge von 160 kg N/ha, wie allgemein für den Faserhanf empfohlen, unterschieden sich kaum von denen bei verfügbaren 240 kg N/ha. Die Faserausbeute in der Variante 160 lag

nach dem mechanischen Aufschluss im Jahr 2020 bei 31,4 %, im Jahr 2021 bei 30,3 % und im Jahr 2022 bei 28,2 %. Nach dem chemischen Aufschluss reduzierte sie sich auf 23,4 %, 21,3 % und 19,7 % (Abbildung 2). Eine technologische Faserfeinheits- und Längenmessung war nicht aussagekräftig, da die Schwankungen innerhalb der Fasern zu groß waren. Der Faserdurchmesser streute zwischen ca. 1 und 150  $\mu\text{m}$ , so dass zwischen den Varianten keine Unterschiede festgestellt wurden.

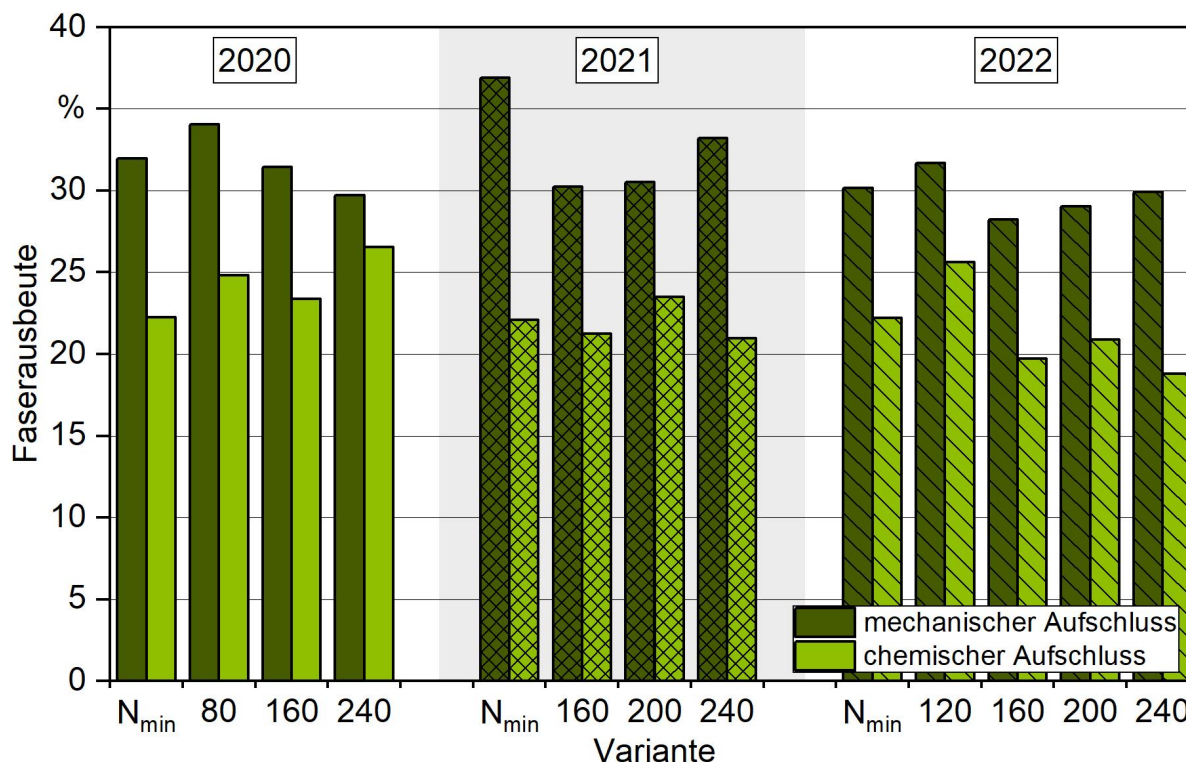


Abbildung 2: Faserausbeute nach dem mechanischen und chemischen Faseraufschluss in Abhängigkeit von Jahr und Stickstoffverfügbarkeit

Generell wurde bei einer Düngung von 240 kg N/ha festgestellt, dass der N-Saldo sprunghaft ansteigt und bereits ein Ertragsrückgang zu beobachten war. Daher kann eine Düngung mit 240 kg N/ha nicht empfohlen werden. Obwohl die N-Entzüge bei einer Düngung von 200 kg N/ha ihren Maximalwert erreichen, kann auch für diese Düngemenge keine Empfehlung ausgesprochen werden, da im Vergleich zur Düngung mit 160 kg N/ha, mehr Stickstoff im Boden zurückblieb und demnach nicht von der Pflanze umgesetzt werden konnte. Obwohl in der Praxis meist eine Düngung mit 100 bis 120 kg n/ha empfohlen wird [5], gibt es aufgrund der vorliegenden Untersuchungen keinerlei Anhaltspunkte von den im Gelben Heft empfohlenen Düngemengen für Faserhanf abzuweichen. Auch die Ertragserwartung im Gelben Heft, mit 150 dt FM/ha, scheint angemessen [3] [30].

#### 4.4 Versuch zur Stickstoffsteigerung im CBD-Hanf

Am Standort TFZ waren die Pflanzen zwischen 70 bis 113 cm, am Standort HD zwischen 91 und 184 cm groß. An beiden Standorten zeigte sich ein Anstieg der Pflanzenhöhe mit zunehmender Stickstoffverfügbarkeit. Am Standort TFZ war der Feldaufgang im Jahr 2020 mit 72,8 % am größten und im Jahr 2022 mit 35,7 % am geringsten. Am Standort HD lag der Feldaufgang in dem Jahr 2021 bei 54 % und im Jahr 2022 bei 33 %. Die Selbstausdünnung schwankte weniger stark zwischen den Jahren. Es lässt sich sagen, dass besonders die Jahresbedingungen und damit die Witterungseinflüsse den Feldaufgang und die Selbstausdünnung beeinflussen.

Der Trockenmasseertrag der Blütenstände am Standort TFZ stieg mit späterer Ernte der Pflanzen an. Bei einer verfügbaren Stickstoffmenge von 160 kg N/ha wurden im Jahr 2020 zwischen 8,1 dt/ha (1. Erntetermin) und 18,9 dt/ha (3. Erntetermin) geerntet. Im Jahr 2021 lag er mit 5,2 dt/ha (1. Erntetermin) bis 8,1 dt/ha (2. Erntetermin) deutlich niedriger. Im Jahr 2022 war er mit 20,7 dt/ha (2. Erntetermin) bis 21,7 dt/ha (1. Erntetermin) am höchsten. Ab einer verfügbaren Stickstoffmenge von 160 kg N/ha waren keine Anstiege im Blütenstandertrag mehr festzustellen. Am Standort HD waren die Erträge im Jahr 2020 am niedrigsten und im Jahr 2021 am höchsten. Aufgrund der höheren Schnitthöhe im Versuchsjahr 2022 ergaben sich geringere Blütenstanderträge als im Versuchsjahr 2021, wobei die Pflanzen in beiden Jahren eine ähnliche Wuchshöhe aufwiesen. Der Blütenstandertrag stieg bei einer verfügbaren Stickstoffmenge von 160 kg N/ha im Jahr 2020 von 11,4 dt/ha (1. Erntetermin) auf 26,6 dt/ha (3. Erntetermin) an. Im Jahr 2021 war auch eine Zunahme festzustellen, allerdings sind die Ergebnisse durch die veränderte Schnitthöhe aufgrund hoher Pflanzenlänge nicht mit den anderen Jahren vergleichbar. Im Jahr 2022 wurde in der Variante  $N_{\min} = 178$  kg N/ha ebenfalls ein Anstieg von 11,0 dt/ha (1. Erntetermin) auf 22,7 dt/ha (3. Erntetermin) beobachtet.

Die CBD-Gehalte im Versuchsjahr 2020 lagen bei  $5,820 \pm 8,442$  g/kg TM (TFZ) und  $5,520 \pm 2,634$  g/kg TM (HD). Dabei wurde bei den Proben des TFZ eine Zunahme des CBD- und THC-Gehaltes vom ersten zum dritten Erntetermin sowie ein Trend zu niedrigeren Gehalten bei zunehmender Düngermenge festgestellt (Abbildung 3). Im Sortenvergleich lag der Cannabinoid-Gehalt der Sorte FINOLA höher als der der Sorte Earlina 8 FC. Es konnte gezeigt werden, dass der Hauptgehalt der Cannabinoide im Blütenstand vorliegt. Trotzdem erscheint der Gehalt im Stroh mit  $3,781 \pm 0,155$  g/kg TM ( $N_{\min}$ ) und  $1,255 \pm 0,076$  g/kg TM (80) als signifikant. Im Versuchsjahr 2021 wurden an beiden Standorten die höchsten CBD-Gehalte an dem jeweils dritten Erntetermin mit  $6,307 \pm 1,338$  g/kg TM (TFZ) und  $10,335 \pm 1,295$  g/kg TM (HD) gemessen. Bei der Gegenüberstellung der Gehalte an CBD und THC der Blütenstandproben der beiden Versuchsjahre ist zu beachten, dass aufgrund der veränderten Methodik bei der Probenzerkleinerung die Probenzusammensetzung nicht identisch war. Im Vergleich der CBD-Gehalte zeigt sich an beiden Standorten und Versuchsjahren der Trend zu ansteigenden Gehalten mit späteren Ernteterminen. Der im Betrachtungszeitraum 2020 festgestellte Trend zu abnehmenden CBD-Gehalten mit zunehmender Düngemenge konnte im Versuchsjahr 2021 nur in den Proben von HD festgestellt werden. Bei der Untersuchung der männlichen Pflanzen zeigten sich Gehalte von  $2,794 \pm 0,354$  g/kg TM CBD und  $0,563 \pm 0,200$  g/kg TM

THC, was 60,9 % (CBD) und 68,4 % (THC) der durchschnittlichen Gehalte weiblicher Pflanzen entspricht. Dies bestätigt den in der Literatur bereits erwähnten Beitrag von männlichen Pflanzen zur CBD-Ausbeute [16] [26]. Im letzten Versuchsjahr betrug der höchste CBD-Gehalt am Standort TFZ  $16,199 \pm 0,278$  g/kg TM (240; 3. Erntetermin). Hingegen lag der höchste CBD-Gehalt am Standort HD bei  $13,678 \pm 0,454$  g/kg TM (200; 2. Erntetermin). Auch in der Literatur zeigt sich ein Zusammenhang zwischen spätem Erntetermin und tendenziell steigenden Cannabinoid-Gehalten [20].

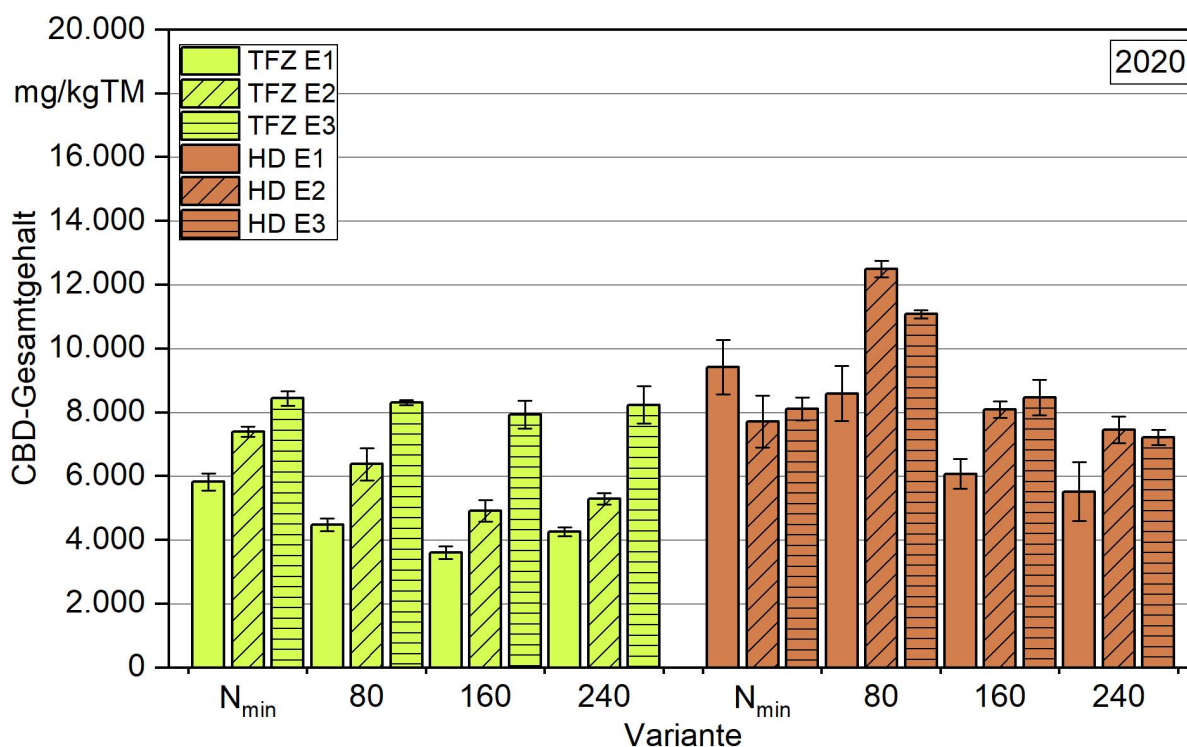


Abbildung 3: Vergleich des Gesamtgehaltes an CBD im Probenmaterial im Jahr 2020 für die Erntetermine 1 (E1) bis 3 (E3) an den Standorten TFZ und HD

Für den Standort TFZ zeigte sich, dass bereits eine Stickstoffmenge von 160 kg N/ha zu hohen N-Salden und einem Anstieg der Stickstoffmenge im Boden führen kann. Am Standort HD wurden teilweise bei einer verfügbaren Stickstoffmenge von 240 kg N/ha negative N-Salden und eine deutliche Reduktion der Stickstoffmenge im Boden erfasst. Aufgrund der Ergebnisse gibt es keine Anhaltspunkte von der im Gelben Heft [3] [30] empfohlenen Stickstoffmenge von 160 kg N/ha abzuweichen. Obwohl die Angabe im Gelben Heft für die Nutzungsrichtung Faser ist, scheint sie auch für die CBD-Nutzung angemessen.

#### 4.5 Versuch zur Stickstoffsteigerung im Körnerhanf

Die Pflanzenhöhe war abhängig von der Sorte, dem Jahr und der verfügbaren Menge an Stickstoff. Die Pflanzen der Sorte FINOLA waren mit einer Höhe zwischen 82 und 123 cm signifikant kleiner als die Pflanzen der Sorten Earlina 8 FC mit 128 bis 224 cm und Henola mit 170 bis 204 cm. Es zeigte sich ein Anstieg der Wuchshöhe bei steigender verfügbarer



Stickstoffmenge. Die Sorte FINOLA war auch am Standort HD die kleinste Sorte. Im Jahr 2022 waren ihre Pflanzen durchschnittlich 172 cm hoch. Die der Sorte Earlina 8 FC erreichten eine Höhe von 228 cm und die der Sorte Henola 204 cm. Der Feldaufgang war im Jahr 2021 am Standort TFZ mit durchschnittlich 78 % höher als im Jahr 2022 mit 33 %. Die Bestände der Sorte FINOLA haben sich in beiden Jahren signifikant stärker ausgedünnt als in den anderen Sorten. Erklärt werden kann dies durch die höhere Verzweigungsneigung der Sorte FINOLA. Am Standort HD war der Feldaufgang für die Sorte FINOLA bei 33 %, während 2021 56 % erfasst wurden. Mit durchschnittlich 0,6 % war die Selbstausdünnung sehr gering und variierte kaum zwischen den Varianten. Besonders das Jahr und damit die Umweltbedingungen waren ausschlaggebend für die Höhe des Feldaufgangs. Es wurde allerdings auch deutlich, dass ein hoher Feldaufgang durch die Selbstregulation der Bestände zu einer höheren Selbstausdünnung führt.

Im Jahr 2020 wurden zwischen 6,5 dt/ha ( $N_{\min}$ ) und 21,3 dt/ha (240) Körner der Sorte FINOLA und 6,3 dt/ha ( $N_{\min}$ ) und 14,0 dt/ha (240) Körner der Sorte Earlina 8 FC geerntet. Bei einer verfügbaren Stickstoffmenge von 160 kg N/ha lag der Kornertrag bei 8,6 dt/ha für FINOLA und bei 7,0 dt/ha für Earlina 8 FC. Im Jahr 2022 war der durchschnittlich Kornertrag der Sorte FINOLA ähnlich hoch, allerdings waren die Veränderungen zwischen den Düngestufen moderat (Abbildung 4). Dies lässt sich durch die mit 43 mm geringen Niederschläge im Juli und August erklären. Zu Beginn des Wachstums war ausreichend Wasser vorhanden, woraufhin sich auch die Pflanzen mit weniger verfügbarem Stickstoff gut entwickelt haben. Bei einer verfügbaren Stickstoffmenge von 160 kg N/ha war der Kornertrag für FINOLA mit 14,4 dt/ha signifikant höher als für die Sorte Earlina 8 FC mit 8,9 dt/ha. Die Sorte Henola unterschied sich mit 10,6 dt/ha nicht signifikant von den anderen beiden Sorten. Am Standort HD war der Kornertrag grundsätzlich höher, entwickelte sich mit steigender verfügbarer Stickstoffmenge allerdings auf gleiche Weise wie am Standort TFZ. Für Finola lag der Kornertrag durchschnittlich zwischen 15,8 dt/ha ( $N_{\min}$ ) und 30,7 dt/ha (240). Im Jahr 2022 lag der Kornertrag der Sorte Earlina 8 FC lag zwischen 21,5 dt/ha ( $N_{\min}$ ) und 16,6 dt/ha (240), der der Sorte Henola zwischen 18,4 dt/ha ( $N_{\min}$ ) und 19,3 dt/ha (240). Zwischen den Düngestufen kam es im Jahr 2022 zu geringeren Schwankungen, da der  $N_{\min}$ -Wert mit 178 kg N/ha bereits hoch war und somit den Bereich, in dem bisher der stärkste Ertragszuwachs zu verzeichnen war, bereits überschritt. Im Jahr 2020 lag der Kornertrag von FINOLA bei einer Stickstoffversorgung von insgesamt 160 kg N/ha bei 21,0 dt/ha und im Jahr 2021 bei 23,8 dt/ha und war somit in diesen beiden Jahren höher als im Jahr 2022 und generell höher als am Standort TFZ. Der vergleichsweise geringe Kornertrag im Jahr 2022 könnte, wie bereits im Versuch zur Produktionstechnik im Körnerhanf, an den besonders trockenen Bedingungen in der Zeit von Mai bis August gelegen haben. Der Strohertrag stieg mit zunehmender Stickstoffmenge ebenfalls an. Bei einer verfügbaren Stickstoffmenge von 160 kg N/ha waren die Stroherträge am Standort TFZ der Sorten Earlina 8 FC mit 51,1 dt/ha und Henola mit 49,0 dt/ha signifikant höher als der Sorte FINOLA mit 28,1 dt/ha. Im Jahr 2021 lag er in den Sorten Uso 31 mit 63,8 dt/ha und Fedora 17 mit 56,7 dt/ha etwas höher. Am Standort HD wurden 22,4 dt/ha Stroh im Jahr 2020 und 35,7 dt/ha im Jahr 2021 der Sorte FINOLA geerntet. Im Jahr 2022 waren es in der Variante  $N_{\min}$  38,8 dt/ha für FINOLA, 68,8 dt/ha für Earlina 8 FC und 58,1 dt/ha für Henola. Im Vergleich zum Strohertrag im Faserhanf (vgl. 4.3) lieferten die vorrangig als

Körnerhanf vermarkteten Sorten geringere Stroherträge. Allerdings wurden dennoch hohe Stroherträge geliefert, wodurch sich eine Doppelnutzung von Korn und Stroh anbieten würde. Der optimalen Erntetermin für die jeweils gewünschte Qualität ist zu beachten. Mit einer hohen Faserqualität kann bei einer Ernte zur Samenreife jedoch nicht gerechnet werden.

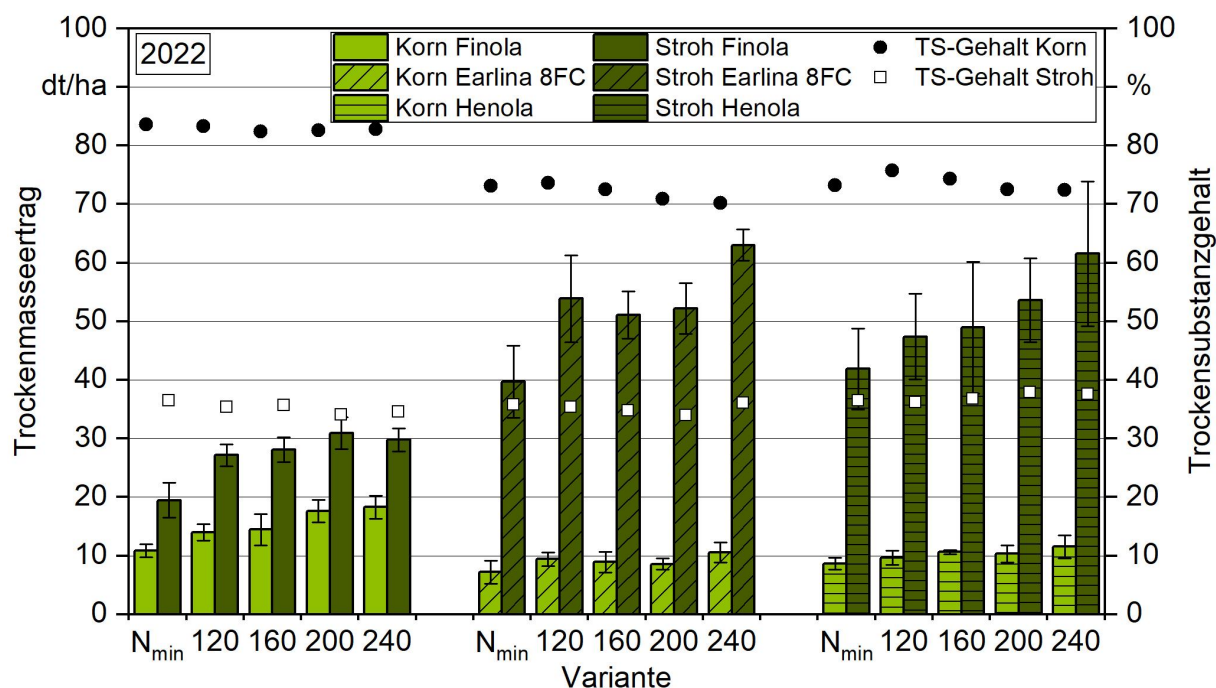


Abbildung 4: Trockenmasseertrag und Trockensubstanzgehalt am Standort TFZ im Jahr 2022 in Abhängigkeit von Sorte und Stickstoffverfügbarkeit

In der Praxis kommen zu hohe THC-Gehalte in den Hanfkörnern und den daraus gewonnenen Produkten aufgrund Verunreinigungen der Körner mit anderen Pflanzenbestandteilen vor [1]. Ab dem Jahr 01.01.2023 gilt nach EU-VO 2022/1393 [13] für die Vermarktung der Ernteprodukte ein  $\Delta^9$ -THC-Grenzwert von 3,0 mg/kg in den Hanfkörnern und 7,5 mg/kg im Hanfsamenöl. Die Cannabinoid-Gehalte variierten sowohl zwischen den Sorten als auch zwischen den Standorten und den Versuchsjahren. Für kein Cannabinoid zeigte sich eine signifikante Korrelation zwischen der Höhe der Düngemenge oder dem Zeitpunkt der Reinigung. Der Gehalt an  $\Delta^9$ -THC war an beiden Standorten in einem für Nutzhanf gewöhnlichen Rahmen, der allgemein zwischen 0 und 12 mg/kg liegt [18] [25]. Die Höhe und Zusammensetzung der Cannabinoide in den Hanfpflanzen ist überwiegend genetisch bestimmt, allerdings können Faktoren wie Erntezeitpunkt oder die Standortbedingungen Einfluss nehmen. Kommt es zu trockenen Bedingungen steigen die Gehalte an THC und CBD [11]. Dies zeigte sich auch am Standort HD, an dem im Jahr 2022 besonders trockene Bedingungen vorherrschten.

Am Standort TFZ hatten die Körner einen Rohfettgehalt zwischen 29,0 und 36,9 %, am Standort HD lag er zwischen 29,8 und 34,4 %. In der Variante 160 hatten die Körner der Sorte FINOLA im Jahr 2022 29,0 % Öl enthalten. Bei der Sorte Earlina 8 FC waren es

31,3 % und bei der Sorte Henola 31,0 %. Am Standort HD waren es in der Variante  $N_{\min}$  32,9 % (FINOLA), 34,0 % (Earlina 8 FC) und 30,7 % (Henola). Die Stickstoffmenge hatte keine Auswirkungen auf den Rohfettgehalt. Er lag größtenteils in einem für Hanf typischen Bereich von 30 bis 34 % [4]. Die gemessenen Nährstoffgehalte lagen in dem für die Sorte FINOLA vorgegebenen Rahmen [7]. Die hohen Gehalte an Rohfett und Rohprotein machen Hanfkörner zu einem wertvollen Futtermittel [19]. Im Vergleich zu Raps und Sonnenblume hat Hanf zwar einen geringeren Rohfettgehalt [15], dafür allerdings einen höheren Anteil an ungesättigten Fettsäuren, insbesondere auch an Omega-3-Fettsäuren [7]. Die Korngröße ist ein wichtiger Qualitätsfaktor. Zwischen 2,0 und 3,0 mm wird ein Großteil der Körner zu Öl weiterverarbeitet. Ab einer Größe von 3,0 mm können Hanfsamen geschält werden und sind somit für die Lebensmittelindustrie interessant [17]. Im Versuchsjahr 2020 waren für die Sorte FINOLA am Standort TFZ die meisten Körner in der Fraktion über 2,5 mm (41 %), 2,0 mm (39 %) und 2,8 mm (13 %). Für die Sorte Earlina 8 FC lagen 43 % über 2,0 mm, 42 % über 2,5 mm und 12 % über 2,8 mm. Nur bis zu 1,5 % des Ernteguts der Versuche war für das Schälen geeignet. Zusätzlich waren die Körner zum Großteil aufgesprungen, was eine Verwendung in der Lebensmittelindustrie, ungeachtet der Korngröße, ausschließt. Im Versuchsjahr 2022 waren für die Sorte FINOLA zwischen 40 und 46 %, für die Sorte Earlina 8 FC zwischen 43 und 45 % und für die Sorte Henola zwischen 60 und 64 % des Ernteguts über 3,0 mm und somit für das Schälen geeignet. Zwischen 35 und 57 % des restlichen Erntegutes war für das Ölpresen ausreichend. Bei Betrachtung der beiden Versuchsjahre am Standort TFZ fällt auf, dass der Anteil der Körner in den Fraktionen über 2,5 mm mit steigender Düngestufe zunimmt, wobei der Zuwachs ab 160 kg N/ha geringer wird. Generell zeigte sich, dass die Sorte Henola mehr große Körner erzeugt hat als die anderen beiden Sorten. Diese Beobachtung deckt sich mit Berichten aus der Praxis.

Am Standort TFZ wurden bereits bei einer verfügbaren Stickstoffmenge von 160 kg N/ha positive N-Salden beobachtet, befanden sich allerdings noch in einem akzeptablen Bereich. Am Standort HD wurden bei einer verfügbaren Stickstoffmenge von 240 kg N/ha noch negative N-Salden erfasst. Die Salden stiegen jedoch in der letzten Düngestufe stark an, sodass keine Empfehlung für eine Düngung mit 240 kg N/ha gegeben werden kann. In Deutschland werden in der Praxis für die Nutzungsrichtung Körner 80 bis 120 kg N/ha empfohlen [5] [6]. Hingegen beschreibt eine kanadische Studie, dass der maximale Samen-ertrag bei einer verfügbaren Stickstoffmenge von 210 kg N/ha erreicht wird [2]. Jedoch erscheint anhand der durchgeführten Versuche für die Nutzungsrichtung Körner eine Düngung mit bis zu 160 kg N/ha als angemessen.

#### **4.6 Versuch zum Winterhanfanbau**

Die Ergebnisse und damit auch die Empfehlungen für den Anbau von Winterhanf variieren in Abhängigkeit des Standortes. So kann am Standort TFZ keine Empfehlung für den Anbau von Winterhanf ausgesprochen werden, da in keinem der drei Versuchsjahre ein erntewürdiger Bestand kultiviert wurde. Gründe hierfür sind die ungünstigen Witterungsverhältnisse im Erntezeitraum der Hauptfrucht sowie nach der Aussaat und die

Stickstoffverfügbarkeit aufgrund der Lage im roten Gebiet. Hingegen kann am Standort HD eine teilweise Empfehlung für den Winterhanfanbau ausgesprochen werden. Zwar kam es auch hier zu Ertragsausfällen aufgrund nicht erntewürdiger Bestände, grundsätzlich gelang die Etablierung dennoch und es wurde in einem von zwei Versuchsjahren ein zufriedenstellender Röststrohertrag generiert. Der Maximalertrag lag für die Sorte Santhica 27 bei 12,1 dt TM/ha und bei der Sorte Fedora 17 bei 10,4 dt TM/ha. Allerdings war die Faserausbeute und die Faserqualität (Faserlänge, Faserfeinheit) im Jahr 2021 unter derer im Sommerhanf am Standort TFZ.

#### **4.7 Zusätzliche Versuche des TFZ**

Der Versuch zu Körnerhanf in Zweitfruchtstellung konnte in keinem der drei Versuchsjahre erfolgreich etabliert werden. Daher muss von einem Anbau abgeraten werden. Das Erreichen der Samenreife wäre zwar theoretisch möglich, allerdings zeigte sich in unseren Versuchen, dass die Witterungsverhältnisse den limitierenden Faktor darstellen. So kam es aufgrund der typischerweise eher feuchten Bedingungen im Juni zu Problemen bei der Ernte der Hauptfrucht. Dies drückte sich dann entweder in einer verspäteten Ernte oder Bodenverdichtung aus. Die Etablierung eines guten Hanfbestandes war somit erschwert bis unmöglich. In Kombination führen die ungünstigen Bedingungen bei der Aussaat und das durch Trockenheit verzögerte Wachstum zu lückigen Beständen, die meist einem starken Unkrautdruck unterliegen und somit keinen annehmbaren Ertrag generieren können.

In dem Versuch zur Ermittlung des Ertragsverlustes durch Vogelfraß wurde die Sorte FINOLA angebaut und als Schutzmaßnahme eine der vier Wiederholungen mit einem Netz überspannt. Der Kornertrag betrug für die Bestände der Variante mit Netz 11,9 dt TM/ha und für die Bestände ohne Netz 9,0 dt TM/ha. Zwischen den beiden Varianten wurde ein signifikanter Ertragsunterschied festgestellt. Der Strohertrag lag in den Beständen mit Netz bei 25,7 dt TM/ha, während er für die Bestände der Variante ohne Netz bei 25,5 dt TM/ha. Im Strohertrag der beiden Varianten wurde kein signifikanter Unterschied festgestellt. Die Bestände der Variante mit Netz lieferten bei ähnlichem Strohertrag einen höheren Kornertrag als die der Variante ohne. Die Ertragsdifferenz der beiden Varianten betrug 2,9 dt TM/ha und damit rund ein Viertel des Kornertrages der Variante mit Netz.

Im Versuch zum Anbau von Hanf als Frühsaat wurde der Einfluss eines sehr frühen Aussaattermins auf die Entwicklung der Körnerhanfsorte FINOLA sowie der Faserhanfsorte Fedora 17 untersucht. Der Strohertrag der Bestände der Faservariante betrug 99,4 dt TM/ha. Der Kornertrag war mit 3,0 dt TM/ha deutlich geringer als die Kornerträge in anderen Versuchen. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die Parzellen der einzelnen Wiederholungen an verschiedenen Terminen geerntet wurden, um ein besseres Gefühl für den Erntezeitpunkt von Körnerhanf zu erlangen. Hingegen war der Unterschied im Strohertrag in den Beständen der Fasersorte im Vergleich zu anderen Versuchen nicht so deutlich. Die geringeren Erträge könnten wie auch die verzögerte Entwicklung unter anderem an den geringeren Temperaturen und somit einer geringeren Photosynthese-Leistung gelegen haben [11].

## 5 Fazit und Empfehlungen für die Praxis

### 5.1 Rechtliche Regelungen

Im Vergleich zu anderen landwirtschaftlichen Kulturen muss der Hanfanbau bei dem zuständigen Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AELF) über den **Mehrfachantrag bis 15. März** und bei der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) über die **Anbauanzeige bis 1. Juli** gemeldet werden. Die originalen Saatgutetiketten müssen bei dem zuständigen Landwirtschaftsamt eingereicht werden. Für den Anbau sind nur Sorten zugelassen, die im jährlich zum 15. März veröffentlichten „Gemeinsamen Sortenkatalog für landwirtschaftliche Pflanzenarten“ aufgeführt sind. Ab dem Jahr 2023 wird der zulässige THC-Gehalt in den Hanfpflanzen von 0,2 % auf 0,3 % angehoben. Neben dem Anbau muss bei beginnender männlicher Blüte eine **Blühmeldung** an das BLE erfolgen. Beerntet werden darf die Fläche erst, wenn das BLE die Erntefreigabe erteilt oder eine Kontrolle und Beprobung vor Ort stattgefunden haben. Neben der generellen Erhöhung auf 0,3 % THC-Gehalt in den Pflanzen werden zum 01.01.2023 auch die THC-Grenzwerte für Ernteprodukte wie Hanfkörner (3 mg/kg) und das daraus gewonnene Hanfsamenöl (7,5 mg/kg) eingeführt.

In unseren Versuchen wurden die ab 2023 geltenden Grenzwerte für THC in den Hanfkörnern von 3,0 mg/kg nur selten überschritten. Diese Überschreitungen fanden ausschließlich in der Sorte FINOLA statt. Die Sorten Earlina 8 FC, Henola, Uso 31 und Fedora 17 hatten deutlich niedrigere THC-Gehalte, die stets unter dem Grenzwert lagen. In der Praxis haben sich eine gründliche Reinigung, teilweise das Bürsten oder Polieren, und das Schälen der Körner als hilfreich etabliert, um THC-Anhaftungen an den Körnern durch andere Pflanzenbestandteile zu reduzieren.

### 5.2 Produktionstechnik

Der Anbau von Hanf bietet sich auf vielen Standorten an. Die Aussaat sollte in einen warmen und feuchten Boden erfolgen, der frei von Bodenverdichtungen ist. Es hat sich gezeigt, dass der Erfolg des Anbaus stark von den Aussaatbedingungen abhängt. Eine zu frühe Saat bei niedrigen Bodentemperaturen oder geringer Wasserverfügbarkeit mindert die Ertragsleistung. Auch die ersten Wochen des Wachstums sind entscheidend. In dieser Phase benötigen die Hanfpflanzen viel Wasser. Fehlt dieses, sind Ertragseinbußen zu erwarten. Bei niedrigen Hanfsorten ist eine eigene Unkrautunterdrückung meist nicht gegeben. Es bietet sich an, einen weiten Reihenabstand zu nutzen und eine mechanische Unkrautregulierung mit der Hacke durchzuführen. Die optimale Saattiefe ist abhängig von der Sorte und der Nutzungsrichtung. In unseren Versuchen zeigte sich, dass für die Körner- und CBD-Nutzung eine Aussaatmenge von 100 und für die Fasernutzung von 350 keimfähigen Körnern pro Quadratmeter ausreichend ist. Die Behandlung mit Pflanzenschutzmitteln ist aktuell nicht nötig und aufgrund fehlender zugelassener Mittel auch nicht möglich. Eine ausreichende Stickstoffversorgung ist sicherzustellen. Die Sortenwahl hängt von der Nutzungsrichtung und der vorhandenen Erntetechnik ab. Im Körnerhanf ist z. B.

die Sorte FINOLA besonders wegen ihrer niedrigen Wuchshöhe bei gleichzeitig hohem Kornertrag beliebt. Allerdings neigt sie zu höheren THC-Gehalten in den Hanfkörnern als langstrohige Sorten wie z. B. Earlina 8 FC und Henola. Auch die Korngröße ist für die Lebensmittelproduktion ein wichtiges Qualitätskriterium. In unseren Versuchen hatten die Körner der Sorte Henola einen höheren Anteil großer Körner ( $> 3,0$  mm) als die Sorten FINOLA und Earlina 8 FC.

Die Erntetechnik unterscheidet sich ebenfalls zwischen den Nutzungsrichtungen. Während niedrige Körnerhanfsorten mit gewöhnlichen Mähdreschern geerntet werden können, sind für die Ernte von Faserhanf und allgemein langstrohigen Sorten Spezialmaschinen notwendig. Die Ernte des oberen Pflanzendrittels kann für die CBD-Nutzung durch einen Grüngüternter oder ebenfalls durch Spezialmaschinen erfolgen. Aktuell besteht vermehrt das Bestreben, die Faserstängel ohne Einkürzung zu ernten, um eine möglichst hohe Faserqualität zu erhalten, die sich auch für die textile Weiterverarbeitung eignet. Nach der Körner- und Blütenernte wird das Erntegut schonend getrocknet und gegebenenfalls gereinigt. Das Stroh bei der Faserproduktion wird auf dem Feld geröstet, in Ballen gepresst und muss in dafür ausgelegten Anlagen aufgeschlossen werden, um die Fasern und Schäben voneinander zu trennen und weiterverarbeiten zu können.

### **5.3 Stickstoffversorgung**

Für alle Nutzungsrichtungen zeigte sich ein Stickstoffbedarf von 160 kg N/ha (inkl.  $N_{\min}$ ). Zwar steigt der Kornertrag auch bei weiter zunehmender Stickstoffdüngung an, allerdings werden nehmen die Stickstoffverluste ebenfalls zu, weshalb einer Überschreitung von 160 kg N/ha nicht empfohlen wird. Der Röststrohertrag im Faserhanf dagegen erhöhte sich ab einer verfügbaren Stickstoffmenge von 160 kg N/ha nicht mehr. Wird aufgrund der Standortvoraussetzungen oder einer schlechten Bestandsetablierung von einem niedrigeren Ertragsniveau ausgegangen, ist eine Reduzierung der verfügbaren Stickstoffmenge auf maximal 120 kg N/ha zu empfehlen. Die Höhe der verfügbaren Stickstoffmenge hatte weder Auswirkungen auf die Faserqualität noch auf qualitätsbestimmende Eigenschaften der Körner, wie z. B. Rohfettgehalt oder THC-Gehalt. Dagegen nahm der Anteil an großen Körnern ( $> 3,0$  mm) mit steigender Stickstoffmenge zu.

### **5.4 Vermarktung**

Bevor Nutzhanf angebaut wird, sollten die Abnehmer für das Erntegut feststehen, da sich der Absatz schwieriger als für andere landwirtschaftliche Kulturen erweist. Während die Vermarktung von Hanfkörnern meist problemlos über Lebensmittelhersteller oder die Direktvermarktung möglich ist, ist die Abnahme des Hanfstrohs nicht garantiert. Um an die Fasern und Schäben zu gelangen, muss es in einem weiteren Verarbeitungsschritt aufgeschlossen werden. Dafür sind spezielle Verarbeiter mit entsprechenden Anlagen nötig, welche in der aktuellen Situation in Bayern nicht existieren. Eine regionale Verarbeitung für Faserstroh ist somit ausgeschlossen.

## Quellenverzeichnis

- [1] ARCELLA, D.; CASCIO, C.; MACKAY, K. (2020): Acute human exposure assessment to tetrahydrocannabinol ( $\Delta^9$ -THC). Scientific Report of EFSA, Question Number: EFSA-Q-2018-00731, Requestor: European Commission. EFSA Journal, Bd. 18, Nr. 1, S. e05953, 1-41
- [2] AUBIN, M.-P.; SEGUIN, P.; VANASSE, A.; TREMBLAY, G. F.; MUSTAFA, A. F.; CHARRON, J.-B. (2015): Industrial Hemp Response to Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Fertilization. Crop, Forage & Turfgrass Management, Bd. 1, Nr. 1, S. 1–10
- [3] BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LfL) (2022): Basisdaten für die Umsetzung der Düngeverordnung, für die Beratung und Planung; zur Berechnung des Düngebedarfs, des Nährstoffanfalls im Betrieb, des Lagerraums für organische Dünger, der Stoffstrombilanz. Stand: Juni 2022. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (Hrsg.). Freising-Weihenstephan, 69 Seiten
- [4] BOULOC, P.; SERGE, A.; ARNAUD, L. (Hrsg.) (2013): Hemp. Industrial production and uses. Wallingford, Oxfordshire, UK: CABI, 313 Seiten, ISBN 978-1-84593-792-8
- [5] BÜHRER, U. (2021): Hanf-Anbautipps und Erntehinweise. BaFa neu GmbH (Hrsg.). Malsch, 2 Seiten
- [6] BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG (BLE) (2022): Ökologischer Hanfanbau. URL: <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/pflanze/spezieller-pflanzenbau/oelfruechte/oekologischer-hanfanbau/>. (Stand: 10.11.2022). Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Referat 413, Projektgruppe Ökolandbau (Hrsg.). Bonn, 6 Seiten
- [7] CALLAWAY, J. C. (2004): Hempseed as a nutritional resource: An overview. Euphytica, Bd. 140, Nr. 1 (January), S. 65–72
- [8] CALLAWAY, J. C. (2018): Some general information about FINOLA. FINOLA Oy (Hrsg.). Kuopio, Finland, 2 Seiten
- [9] CALLAWAY, J. C. (2019): FINOLA Development and Morphology. Updated 28 December 2019. FINOLA Oy (Hrsg.). Kuopio, Finland, 12 Seiten
- [10] CHANDRA, S.; LATA, H.; EL-SOHLI, M. A. (Hrsg.) (2017): Cannabis sativa L. - Botany and Biotechnology. Cham, Switzerland: Springer International Publishing AG, 474 Seiten, ISBN 978-3-319-54563-9
- [11] CLARKE, R. C. (1997): Hanf. Botanik, Anbau, Vermehrung und Züchtung. Aarau, Schweiz: AT-Verlag, 239 Seiten, ISBN 3-85502-573-2
- [12] DENNER, M. (2014): Hanf - mehr als nur ein Suchtmittel! Der Pflanzenarzt, Bd. 67, Nr. 11-12, S. 18–21
- [13] EUROPÄISCHE KOMMISSION (2022): VERORDNUNG (EU) 2022/1393 DER KOMMISSION vom 11. August 2022 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 hinsichtlich der Höchstgehalte für Delta-9-Tetrahydrocannabinol ( $\Delta^9$ -THC) in Hanfsamen und daraus gewonnenen Erzeugnissen, in der Fassung vom 11. August 2022. IN: Amtsblatt der Europäischen Union, Nr. L 211, vom 12.8.2022, S. 83-85

- [14] FINOLA OY (2016): 10 Reasons Why FINOLA Fails 2016. FINOLA Oy (Hrsg.). Kuopio, Finland. URL: [https://FINOLA.fi/wp-content/uploads/2017/10/10\\_Reasons\\_Why\\_FINOLA\\_Fails\\_2016.pdf](https://FINOLA.fi/wp-content/uploads/2017/10/10_Reasons_Why_FINOLA_Fails_2016.pdf), (Stand: 25.05.2022), 1 Seite
- [15] GEISLER, G. (1991): Farbatlas Landwirtschaftliche Kulturpflanzen. Stuttgart: Ulmer, 204 Seiten, ISBN 3-8001-4079-9
- [16] GRIGOYEV, S.; ILLARIONOVA, K. (2020): Evaluation of Factors having an Effect on Cannabidiol Amount in Cannabis sativa L., Biology Agricultural, Bd. 55, Nr. 1, S. 107–117
- [17] HANS BRAINFOOD GMBH (2020): Bedingungen zum Anbau von Hanfsamen. HANS Brainfood GmbH (Hrsg.). Regensburg. URL: <https://hansbrainfood.de/>, (Stand: 20.04.2020), 3 Seiten
- [18] HEMPHILL, J. K.; TURNER, J. C.; MAHLBERG, P. G. (1980): Cannabinoid Content Of Individual Plant Organs From Different Geographical Strains Of Cannabis Sativa L. Journal of Natural Products, Bd. 43, Nr. 1 (Jan-Feb), S. 112–122
- [19] KLIR, Ž.; NOVOSELEC, J.; ANTUNOVIĆ, Z. (2019): An overview on the use of hemp (Cannabis sativa L.) in animal nutrition. Poljoprivreda - Agriculture, Bd. 25, Nr. 2, S. 52–61
- [20] LINDER, E. R.; YOUNG, S.; LI, X.; HENRIQUEZ INOA, S.; SUCHOFF, D. H. (2022): The Effect of Harvest Date on Temporal Cannabinoid and Biomass Production in the Floral Hemp (Cannabis sativa L.) Cultivars BaOx and Cherry Wine. Horticulturae, Bd. 8, Nr. 10, S. 959, 1-12
- [21] MEDIAVILLA, V.; LEUPIN, M.; MOSIMANN, E. (1999): Agronomische Eigenschaften von Hanfsorten. Agrarforschung, Bd. 6, Nr. 10, S. 393–396
- [22] MEIER, J. (2020): Datenauswertung Hanf 2020. e-Mail an Empfänger: K. Mangold. Straubing, (Stand: 16.11.2020), 1 Seite
- [23] MEIER, J. (2022): Datenauswertung Hanf 2022. e-Mail an Empfänger: S. Scholcz. Straubing, (Stand: 05.12.2022), 2 Seiten
- [24] NELSON, C. H. (1944): Growth Responses of Hemp to Differential Soil and Air Temperatures. Plant Physiology, Bd. 19, Nr. 2, S. 294–309
- [25] ROSS, S. A.; MEHMEIC, Z.; MURPHY, T. P.; EL-SOHLI, M. A. (2000): GC-MS Analysis of the Total  $\Delta^9$ -THC Content of Both Drug- and Fiber-Type Cannabis Seeds. Journal of Analytical Toxicology, Bd. 24, Nr. 11/12 (November/Dezember), S. 715–717
- [26] SMALL, E.; BECKSTEAD, H. D.; CHAN, A. (1975): The Evolution of Cannabinoid Phenotypes in Cannabis. Economic Botany, Bd. 29, Nr. 7-9 (July-September), S. 219–232
- [27] STRUIK, P. C.; AMADUCCI, S.; BULLARD, M. J.; STUTTERHEIM, N. C.; VENTURI, G.; CROMACK, H. T. H. (2000): Agronomy of fibre hemp (Cannabis sativa L.) in Europe. Industrial Crops and Products, Bd. 11, Nr. 2-3, S. 107–118
- [28] TEIRUMNIEKA, E.; BLUMBERGA, D.; TEIRUMNIEKS, E.; STRAMKALE, V. (2021): Product-oriented production of industrial hemp according to climatic conditions. Agronomy Research, Bd. 19, Nr. 4, S. 2026–2036



- 
- [29] VERA, C. L.; WOODS, S. M.; RANEY, J. P. (2006): Seeding rate and row spacing effect on weed competition, yield and quality of hemp in the Parkland region of Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science*, Bd. 86, Nr. 3, S. 911–915
- [30] WENDLAND, M.; DIEPOLDER, M.; OFFENBERGER, K.; RASCHBACHER, S. (2018): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. Stand: Januar 2018. 14. Aufl. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (Hrsg.). Freising-Weihenstephan. Institut für Ökologischen Landbau (IfÖL), Bodenkultur und Ressourcenschutz. LfL-Information; Gelbes Heft, 98 Seiten