

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Abschlussbericht – Teil I und II

Zuwendungsempfänger:

Südzucker AG

Förderkennzeichen:

031B1372E

Vorhabenbezeichnung:

Verbundvorhaben: Hemp4Food

Laufzeit des Vorhabens:

01.09.2023 bis 31.12.2025

Berichtszeitraum:

01.09.2023 bis 31.12.2025

Offstein, 03.02.2026

Dr. Alain Graf

Teil I: Kurzbericht

Das Verbundvorhaben *Hemp4Food* verfolgte das Ziel, die Hanfpflanze als nachhaltige und vielseitige Rohstoffquelle für die Herstellung pflanzenbasierter Lebensmittelzutaten umfassend zu analysieren.

Im Fokus der Südzucker-Aktivitäten standen die agronomische Bewertung des Hanfanbaus, die technologischen Möglichkeiten zur Proteinverwertung sowie die ökonomische Betrachtung der Hanfpflanze entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Dies umfasste sowohl die Nutzung der Hanfsamen als Hauptprodukt als auch die Verarbeitung des Hanfstrohs als wertvollen Nebenstrom. Es wurden feld- und prozessbezogene Daten erhoben, darunter Hektarerträge, Feuchtigkeits- und Düngestrategien sowie pflanzenbauliche Anforderungen. Diese Erkenntnisse flossen in eine modellhafte Wirtschaftlichkeitsanalyse ein, welche sämtliche Prozessschritte von der Bodenbearbeitung über Aussaat, Pflege und Ernte bis hin zu Reinigung und Trocknung der Erntefrüchte abbildete. Zwei Nutzungsszenarien – eine samenreiche und eine strohreiche Sorte – wurden hinsichtlich ihrer Wertschöpfungspotenziale gegenübergestellt.

Südzucker bewertete das technologische Weiterverarbeitung von Hanfprotein-Konzentraten und -Isolaten am Beispiel der Texturierung durch Trockenextrusion zur Herstellung neuer Produkte für Fleischersatzanwendungen. Die Applikationspotential der hergestellten Produkte wurde anhand der sensorisch-funktionellen Eigenschaften wie z. B. Wasserhaltevermögen, Schüttdichte und Textur bewertet. Es konnten vielversprechende Produkte in den Formaten Granulate bzw. Chunks hergestellt werden, die ein attraktives Faserprofil, gute Wasseraufnahme und eine geeignete Struktur für Modellanwendungen wie veganes Pulled Pork, Gulasch oder veganes Hack aufweisen..

Die gewonnenen Erkenntnisse tragen wesentlich dazu bei, nachhaltige pflanzenbasierte Rohstoffketten zu entwickeln und liefern evidenzbasierte Grundlagen für die industrielle Umsetzung innovativer Hanfprodukte. Das Projekt leistet damit einen bedeutenden Beitrag zur Diversifizierung agrarischer Rohstoffquellen, zur Stärkung regionaler Wertschöpfung und zur Förderung innovativer Proteinkonzepte im Kontext der Transformation hin zu resilienten Ernährungssystemen.

Teil II: Eingehende Darstellung

A0 Koordination und Management

Südzucker nahm an Konsortialtreffen des Projekts, an spezifischen Arbeitstreffen sowie an diversen Abstimmungen mit den beteiligten Forschungs- und Industriepartnern zur Planung und Durchführung der Untersuchungen sowie der Präsentation und Diskussion der Ergebnisse teil.

- 2023-10-06 Kickoff- Konsortialtreffen
- 2024-04-10 Konsortialtreffen
- 2025-03-25 Konsortialtreffen
- 2025-05-05 AP7-Abstimmungstreffen
- 2025-05-12 AP7-Abstimmungstreffen
- 2025-12-09 Konsortial-Abschlussstreffen

A1 Verarbeitung der Hanfsamen

Im Rahmen des Arbeitspakets AP1 führte Südzucker den Anbau der beiden Hanfsorten Finola 2 und Henola durch, um jeweils rund 3,5 Tonnen Hanfsamen für die weiteren Verarbeitungsschritte bereitzustellen. Die Sorten unterscheiden sich in ihren agronomischen Eigenschaften, insbesondere bezüglich Wuchsform, Samenausbeute und Strohanfall. Südzucker kultivierte Finola 2 auf einer Fläche von 3,15 ha zwischen Odenwald und Oberrheinebene, während Henola auf 2,3 ha in Franken angebaut wurde.

Die Aussaat erfolgte mit einer Kreiseleggen-Drillkombination, wobei Finola 2 mit 40 kg/ha und Henola mit 35 kg/ha ausgesät wurde. Die Aussaattiefe betrug 1–2 cm bei Finola 2 und 2–3 cm bei Henola. Während Finola 2 keine Nachbearbeitung erhielt, wurde Henola gewalzt, um einen gleichmäßigen Aufgang zu fördern. Die Düngung erfolgte mit 210 kg (ca. 80 kg N) bei Finola 2 und mit 140 kg Stickstoff in Form von Kalkammonsalpeter bei Henola. Ein Pflanzenschutz kam nicht zum Einsatz. Durch einen Reihenabstand von 12,5 cm bzw. 15 cm und einer schnellen Jugendentwicklung war der Hanfbestand in kürzester Zeit geschlossen. Beide Sorten wurden durch Drusch geerntet – Finola 2 am 08.10.2024, Henola bereits am 13.09.2024.

Eine vergleichende Aufstellung ist in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Agronomische Date des Hanfanbaus

Sorte	Finola 2	Henola
Anbauregion	Region zwischen Odenwald und Oberrheinebene	Franken
Fläche	3,15 ha	2,3 ha
Bodenvorbereitung	Zwischenfruchtmischung gepflügt (16.01.2024) Bodenbearbeitung Egge (26.03.2024)	Einebnung der Fläche mit einer Saatbettkombination (26.03.2024)

Aussaat	Kreiseleggen-Drillkombination (26.04.2024)	Kreiseleggen-Drillkombination (14.04.2024)
Aussaatstärke	40 kg/ha	35 kg/ha
Aussaattiefe	1-2 cm	2-3 cm
Reihenabstand	12.5 cm	15 cm
Nachbearbeitung	n/a	Walzen für gleichmäßigen Aufgang und guten Bodenschluss
Düngung	Düngung 210 kg, ca. 80 kg N (28.05.2024)	140 kg Stickstoffdüngung mit Kalkammonsalpeter (19.04.2024)
Pflanzenschutz	n/a	n/a
Ernte	Ernte durch Drusch (08.10.2024)	Ernte durch Drusch (13.09.2024)
Reinigung	Zwei Reinigungsgänge der gedroschenen Ware, Siebreinigung der getrockneten Samen	Zwei Reinigungsgänge der gedroschenen Ware
Trocknung	Auslage und Lufttrocknung, mehrfach gewendet und belüftet	mit etwa 65 bis 70 °C warmer Luft
Samenausbeute	Ca. 1600 kg gereinigte Hanfsamen	3.670 kg gereinigte Hanfsamen

Ein feuchter Herbst stellte eine Herausforderung für die Ernte dar. Es musste ein Kompromiss zwischen trockener Ernte und dem Risiko ausfallender Samen gefunden werden. Nach der Ernte blieb viel Hanffaser auf dem Feld zurück, die sich nur schwer mulchen ließ. Dies führte zu einem Keilriemenriss am Mulchgerät. Die Zerkleinerung war nur mit sehr langsamer Geschwindigkeit (1,2–1,5 km/h) möglich. Die Fasern wurden mit einem Wender gleichmäßig verteilt, und die nachfolgende Bodenbearbeitung konnte nur mit einem modifizierten Pflug erfolgen, da einige Bauteile wegen Verstopfungsgefahr entfernt werden mussten.

Die Reinigung erfolgte in zwei Durchgängen, wobei Finola 2 zusätzlich einer Siebreinigung unterzogen wurde. Die Anteile an Besatz und Verunreinigungen sind in Tabelle 2 aufgeführt. Aus der qualitativen Auswertung ergaben sich im Wesentlichen Verunreinigungen mit Stroh und Schäben (grob) sowie Erdanhang und Staub (fein). Einen visuellen Eindruck vermitteln Abbildungen 1 und 2. Die Trocknung der Samen erfolgte bei Finola 2 durch Auslage und Lufttrocknung, bei Henola mit Warmluft (65–70 °C). Die Samenausbeute betrug ca. 1.600 kg bei Finola 2 und 3.670 kg bei Henola.

Tabelle 2:

Probe	Besatz (grob)	Gutware		Besatz (fein)
	A	B	C	D
	>3,55mm [%]	3,55mm>x>2,0mm [%]	2,0mm>x>1,12mm [%]	<1,12mm [%]
Hanfsamen Sorte Finola 2	3,2	67,5	11,3	18,0
Hanfsamen Sorte Henola	0,6	95,4	2,6	1,4
Hanfsamen Sorte Finola 2 (nach Reinigung)	2,9	96,7	0,3	0,0
Hanfsamen Sorte Henola (nach Reinigung)	0,6	98,3	0,6	0,3



Abbildung 1: Siebfraktionen A-D der Sorte Finola 2 (vor Reinigung)



Abbildung 2 Siebfraktionen A-D der Sorte Henola (vor Reinigung)

Die Analyse der Hanfsamen zeigte, dass Finola 2 vor der Reinigung einen Proteingehalt von 25,9 % bezogen auf die Trockensubstanz aufwies, während Henola bei 25,1 % lag. Nach der Reinigung lag der Besatz bei beiden Sorten unter 2 %, die Restfeuchte betrug bei Finola 2 10,3 % und bei Henola 3,6 %.

Tabelle 3: Analytische Zusammensetzung der Hanfsamen vor und nach Reinigung

Probe	Trockensubstanz [g/100g]	Protein [g/100g]	Protein [g/100g a. TS]	Ballaststoffe [g/100g]	Rohfett [g/100g]
Hanfsamen Sorte Finola 2	86,6	22,5	25,9	43,2	20,8
Hanfsamen Sorte Henola	97,4	24,5	25,1	67,2	23,5
Hanfsamen Sorte Finola 2 (nach Reinigung)	89,7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hanfsamen Sorte Henola (nach Reinigung)	97,7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Die gereinigten Hanfsamen wurde in Bigbags abgepackt, Südzucker bereitgestellt und an die verarbeitenden Projektpartner Signature bzw. den Unterauftragnehmer BAFA versandt. Die Liefermengen betragen ca. 1,6 t (Finola 2) und 3,7 t (Henola), verpackt in jeweils 2 bzw. 5,5 Bigbags:

Lieferung 1)

Sorte: Finola 2
Besatz: unter 2 %
Restfeuchte: <13 % (gemessen 10.3 %)
Proteingehalt: ca. 25.9 % a. TS
Liefermenge: ca. 1.6 t
Anzahl Bigbags: 2
Gewicht Bigbags: je ca. 800 kg

Lieferung 2)

Sorte: Henola
Besatz: unter 2 %
Restfeuchte: <13 % (gemessen 3.6 %)
Proteingehalt: ca. 25.1 % a. TS
Liefermenge: ca. 3,7 t
Anzahl Bigbags: 5,5
Gewicht Bigbags: je ca. 670 kg

AP6 Bewertung des Applikationspotentials der Proteinzutaten

Im Rahmen des Arbeitspakets 6 evaluierte Südzucker das technologische sowie sensorische Anwendungspotenzial der im Projekt gewonnenen Hanfproteinzutaten. Ziel war die systematische Charakterisierung von Hanfproteinfraktionen, die sowohl trocken als auch nass hergestellt wurden, im Hinblick auf ihre Eignung für extrudierte, proteinreiche Texturate. Zu diesem Zweck stellten die Projektpartner Hanfproteinpräparate (Hanfprotein-Konzentrat bzw. Hanfprotein-Isolat) als Rohstoffbasis von mindestens 20 kg bereit, die anschließend mittels eines lebensmitteltauglichen Doppelschneckenextruders zu Trockenextrudaten verarbeitet wurden. Als Referenzsystem wurde ein standardisiertes Weizengluten-/Weizenmehl-Mischsystem verwendet. Die Hanfproteine ersetzen – abhängig von der jeweiligen Fragestellung – anteilig (20–50 %) die Weizenkomponenten in der Mischung. Die Rezepturen folgten bewusst einer nicht optimierten Standardformulierung, um die funktionellen Eigenschaften der Hanfproteine isoliert bewerten zu können. Der Proteingehalt im Endprodukt lag bei etwa 65 Prozent. Optional konnten Additive, beispielsweise zur pH-Anpassung, hinzugefügt werden. Die Prozessparameter – insbesondere Durchsatz, Energieeintrag und Temperaturführung – sowie die Düsenkonfiguration wurden angepasst und Produktformate wie Chunks und hackfleisch-artige Texturate hergestellt.

Südzucker führt anschließend eine umfassende Vorevaluierung der erzeugten Strukturen durch. Diese umfasst die Ermittlung relevanter funktioneller Kennzahlen wie pH-Wert, Schüttdichte und Wasserbindevermögen. Ergänzend wurden die Faserbildung, die visuelle Struktur sowie die Scherstabilität beurteilt. Auf Basis dieser Ergebnisse wurden geeignete Muster ausgewählt und Projektpartnern zur weiteren Bewertung in Fleischersatz-Modellsystemen zur Verfügung gestellt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen mit Hanfprotein-Konzentrat zeigten, dass die Produktparameter maßgeblich vom Hanfproteinanteil beeinflusst wurden. Bei Granulaten führte ein Anteil von 20 % Hanfproteinkonzentrat zu einer dunkleren Farbe, einer erhöhten Bissfestigkeit, einer geringeren Schüttdichte und einer insgesamt trockeneren Produktstruktur. Die Elastizität nahm gleichzeitig ab. In Chunks-Systemen trugen Hanfanteile von 20 bis 50 % zu einer Reduktion von Faserlänge und Fibrosität bei; gleichzeitig wurden die Produkte homogener,

trockener und wiesen eine zunehmende schwammartige Textur auf. Zudem trat der hanftypische Eigengeschmack stärker hervor. Als technologisch bestgeeignet erwies sich das Chunk V24 1.8 mit 20 % Hanfproteinkonzentrat, das ein günstiges Verhältnis aus Textur, Formstabilität und Faserstruktur aufweist. In Granulat-Systemen zeigte das Granulat V24 2.00 aus einer Kombination von Weizengluten und Hanfproteinkonzentrat eine ausgeprägtere Textur und eine höhere Bissfestigkeit verglichen mit ausgewählten kommerziellen Vergleichsprodukten.

Aufgrund der dunklen Produktfarbe ist der Einsatz der Chunks bzw. Granulate allerdings auf Anwendungen beschränkt, bei denen eine dunkle Fleischanalogie erwünscht ist. In Modellprodukten wie veganem Gulasch oder veganem „Pulled Pork“ konnte ein ansprechendes Mundgefühl und eine zufriedenstellende Faserstruktur demonstriert werden.

Die Ergebnisse der Untersuchungen mit Hanfprotein-Isolaten zeigten eine größere Variationsbreite: Je nach Rezeptur und Prozessbedingungen entstanden sowohl Chunks als auch Granulate unterschiedlicher Qualität. Die Produkte wiesen teils deutliche Unterschiede hinsichtlich Schüttdichte, Wasseraufnahmeverhalten, pH-Wert, Texturhärte und Faserstruktur auf. Während einige Varianten eine unzureichende Formgebung oder zu weiche beziehungsweise zu harte Texturen zeigten, erwiesen sich ausgewogene Gluten-/Hanfisolat-Mischungen als besonders vorteilhaft in Bezug auf Schüttdichte, Wasserhaltevermögen und Faserbildung. So zeichnete sich beispielsweise das Chunk V25_Hemp4Food-2-/1.1 durch eine langsame Wasseraufnahme aus, während Chunk V25_Hemp4Food-2-/1.7 durch eine gute Faserbildung, eine ausgezeichnete Wasserbindung und eine optimale Schüttdichte überzeugte. Das Granulat V25_Hemp4Food-2-/2.1 wiederum bot einen guten Biss und eine hackfleischähnliche Textur.

Zusammenfassend konnte Südzucker durch die systematische Extrusion und Vorevaluierung sowohl der Konzentrate als auch der Isolate zeigen, dass Hanfproteine grundsätzlich für die Herstellung extrudierter, faseriger Fleischersatzstrukturen geeignet sind. Die Ergebnisse liefern zugleich klare Hinweise darauf, dass die technologischen Eigenschaften der Proteine – insbesondere Farbe, Wasserbindevermögen, Elastizität, Faserbildung und sensorische Wahrnehmung – stark vom Proteintyp, der eingesetzten Menge und der Prozessführung abhängen. Die gewonnenen Erkenntnisse bilden eine wesentliche Grundlage für die weitere Entwicklung optimierter Rezepturen und Prozessführungen sowie für die Ausarbeitung anwendungsreifer Produktkonzepte im Rahmen des Gesamtprojekts.

AP7 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Im Rahmen des Arbeitspakets AP7 führte Südzucker eine umfassende Wirtschaftlichkeitsbewertung der Hanfpflanze entlang der gesamten Wertschöpfungskette durch. Ziel war es, den ökonomischen Nutzen sowohl der Hanfstroh- als auch der Hanfsamenverwertung ganzheitlich zu analysieren. Die Arbeitsteilung innerhalb des Projekts sah vor, dass sich Südzucker auf den Anbau sowie die Verarbeitung des Hanfstrohs konzentriert, während der Projektpartner Signature die Verarbeitung der Hanfsamen zu proteinreichen Lebensmittelzutaten verantwortete. Südzucker bewertete den Hanfanbau anhand agronomischer Daten wie Hektarerträgen und ergänzte diese durch praxisnahe Erfahrungswerte, etwa zu Feuchtigkeitsbedarf, Düngungsstrategien oder Pflanzenschutzmaßnahmen. Dabei werden zwei

Nutzungsszenarien gegenübergestellt: eine samenreiche Sorte sowie eine strohreiche Sorte, so dass sowohl die Samen- als auch die Biomasseverwertung berücksichtigt wurden.

Die Bewertung der Samenproduktion basierte auf den Kostenstrukturen, die sich aus den erforderlichen Prozessschritten, beginnend bei der Bodenbearbeitung über Aussaat, Düngung, Pflanzenschutz und Ernte bis hin zu Reinigung und Trocknung, ableitete. Diese Kostenblöcke flossen in die modellhafte Wirtschaftlichkeitsanalyse ein, um Sortenwahl, Ertragserwartung und ökonomische Auswirkungen verschiedener Produktionssysteme realistisch bewerten zu können. Durch die Gegenüberstellung der Kosten je Nutzungsweg wird sichtbar, inwiefern samenreiche Sorten ökonomische Vorteile bieten können, während strohreiche Sorten ihre Wertschöpfung primär über die Strohverarbeitung generieren.

Parallel dazu wurde die potenzielle industrielle Verarbeitung des Hanfstrohs unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten untersucht. Dies umfasste die Analyse von Prozesskosten, die Beschreibung möglicher Prozesstechnologien sowie die Abschätzung theoretischer Massenströme und Ressourcenbedarfe. Auf Basis definierter Annahmen – etwa zu Verarbeitungskapazitäten, Produktspektren, Gebäudekonzepten und Lageranforderungen – wurden Investitionskosten mit einer Genauigkeit von ± 50 % kalkuliert. Darüber hinaus erfolgte eine Gegenüberstellung verschiedener Verwertungsoptionen des Hanfstrohs, unter anderem in Form von Dämmstoffen, Einstreu oder technischen Fasern.

Für die Auslegung einer industriellen Hanfstrohanlage ging Südzucker von einem Rohstoffdurchsatz von 8 t/h aus. Die Anlage sollte dabei drei Produktströme erzeugen: Hanffasern (28 %, 2,5 t/h), Schäben (55 %, 4,5 t/h) sowie Staubfraktionen für die Brikettierung (13 %, 1,0 t/h).

Das zugrundeliegende Modell berücksichtigte zudem die jeweils erforderlichen Prozesslinien wie Ballenpressen, Schäbenpressen oder Brikettpressen. Um die technische Realisierbarkeit sicherzustellen, flossen Infrastrukturparameter wie Gebäudekosten, Baugrundpreise, die erforderliche Hallenhöhe oder die Ausgestaltung der Rohwarenlagerung ein. Sämtliche Annahmen basierten auf einem Greenfield-Konzept; es wurden keine Annahmen zu Inflation integriert.

Die erarbeitete Kosten- und Energiebedarfsübersicht für die konzeptionierte Hanfstrohanlage umfasste die Bereiche Rohstofflager, Produktion, Versand und Infrastruktur. Die Kosten wurden in zwei Ausbaustufen bewertet: einer anfänglichen Kapazität von 4 t/h (Step 1) und einem späteren Ausbau auf 8 t/h (Step 2). Dabei ergab sich ein Investitionsbedarf von rund 22,2 Mio. EUR in Step 1 und 15,2 Mio. EUR in Step 2, was Gesamtkosten von etwa 37,4 Mio. EUR entsprach. Der Energiebedarf wurde für beide Stufen separat ausgewiesen und summierte sich auf rund 2600 kW im Vollausbau. Weiterhin wurde eine schrittweise Erhöhung der Produktionskapazität vorgesehen, die durch eine Ausweitung der Betriebsstunden pro Woche realisiert werden konnte.

Abschließend entwickelte Südzucker ein mögliches Layout für den Anlagen-Footprint, welches die räumliche Anordnung von Rohstofflager, Produktion, Lagerflächen, Verkehrswegen und Versandinrichtungen abbildete. Damit wird eine erste konzeptionelle Grundlage geschaffen, um die technische Machbarkeit und die funktionale Logistik einer industriellen Hanfstrohverarbeitung aufzuzeigen.