

STELLUNGNAHME

zur Bioökonomie-Strategie Nordrhein-Westfalen

„Auf dem Weg in eine resiliente Zukunft“

Industriehanf als strategischer Rohstoff für eine zirkuläre, klimaverträgliche und wettbewerbsfähige Bioökonomie

Branchenverband Cannabiswirtschaft e.V. (BvCW)

Berlin, 13. August 2026

Beitrag zur Online-Konsultation des Ministeriums für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes
Nordrhein-Westfalen

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis	2
Executive Summary	3
1. Anlass, Zielsetzung und Bewertungsmaßstab	4
2. Industriehanf im Kontext der Bioökonomie NRW	4
3. Landwirtschaft, Boden und Carbon Farming	5
4. Kaskadennutzung und regionale Verarbeitungsstrukturen	5
5. Sektorale Wertschöpfungspotenziale	6
5.1 Bauwirtschaft und Kohlenstoffspeicherung in Produkten	6
5.2 Textilien, Papier und biobasierte Verbundwerkstoffe	7
5.3 Ernährung, Protein und Life Sciences	8
6. Bioraffinerien, Biochar und Carbon Removal	8
7. Sustainable Aviation Fuel und thermochemische Pfade	9
8. Reallabor Industriehanf NRW und Rheinisches Revier	10
9. Regulatorische Rahmenbedingungen	11
10. Handlungsempfehlungen	11
11. Fazit	12
Abkürzungsverzeichnis	14
Literaturverzeichnis	14

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Potenziale und Voraussetzungen entlang der Wertschöpfungskette
Tabelle 2:	Sektorale Einsatzfelder und politische Ansatzpunkte
Tabelle 3:	Vorschlag für einen stufenweisen Umsetzungsplan

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Priorisierte Kaskadennutzung von Industriehanf
Abbildung 2:	Governance eines Reallabors Industriehanf NRW

Executive Summary

Der Branchenverband Cannabiswirtschaft e.V. begrüßt die Bioökonomie-Strategie Nordrhein-Westfalen als geeigneten Rahmen, um Ressourcensicherheit, industrielle Transformation, Klimaschutz und regionale Wertschöpfung systematisch miteinander zu verbinden. Die Strategie folgt damit sowohl der Nationalen Bioökonomiestrategie als auch dem 2025 erneuerten europäischen Rahmen, der die Skalierung biobasierter Lösungen, die Entwicklung von Leitmärkten und eine nachhaltige Biomasseversorgung ausdrücklich priorisiert.¹

Industriehanf (*Cannabis sativa* L.) kann hierzu einen relevanten, jedoch nicht universellen Beitrag leisten. Die Kultur liefert Samen, Fasern, Schäben und weitere Koppelprodukte für Lebensmittel, Textilien, Baustoffe, Spezialpapiere, biobasierte Verbundwerkstoffe und chemische Anwendungen. Ihre Stärke liegt vor allem in der Verbindung mehrerer Nutzungspfade innerhalb regionaler Wertschöpfungsketten. Die Bewertung von Industriehanf muss auf Ertrag, Betriebsmittel, Logistik, Verarbeitung, Substitutionseffekt und Lebenszyklus beruhen.²

Für Nordrhein-Westfalen empfiehlt der BvCW deshalb keine isolierte Anbauförderung, sondern den Aufbau integrierter Demonstrationsketten. Entscheidend sind verlässliche Abnahmebeziehungen, regionale Erstverarbeitung, standardisierte Qualitäten, belastbare Ökobilanzen und ein regulatorischer Vollzug, der Industriehanf eindeutig von Konsumcannabis trennt. Besondere Chancen bestehen in der Bauwirtschaft, bei technischen Fasern und Verbundwerkstoffen, in der Lebensmittel- und Proteinwirtschaft sowie bei der Nutzung bislang geringwertiger Reststoffe.

Ein zentraler Flaschenhals für die Marktentwicklung liegt in den regulatorischen Rahmenbedingungen. Voraussetzung für den Erfolg biobasierter Hanfwertschöpfungsketten ist eine eindeutige, rechtssichere Trennung von Industriehanf und Konsumcannabis im Vollzug des KCanG

¹ MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, INDUSTRIE, KLIMASCHUTZ UND ENERGIE DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN. Bioökonomie-Strategie NRW: Auf dem Weg in eine resiliente Zukunft. Düsseldorf: MWIK NRW, 2026.

https://beteiligung.nrw.de/portal/wirtschaft_nrw/beteiligung/themen/1027497/1069063

BUNDESREGIERUNG. Nationale Bioökonomiestrategie. Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung; Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2020.

https://www.bmfr.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/7/31576_Nationale_Biooekonomiestrategie_Langfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=6

EUROPÄISCHE KOMMISSION. A Strategic Framework for a Competitive and Sustainable EU Bioeconomy. Brüssel: Europäische Kommission, 2025.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52025DC0960>

EUROPÄISCHE KOMMISSION. Hemp: Agriculture and Rural Development. Brüssel: Europäische Kommission, fortlaufend aktualisiert

https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crops/hemp_en

² FLAJŠMAN, Marko; KOČJAN AČKO, Darja. Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) agronomy and utilization: A review. *Agronomy*. 2023, 13(3), 931. DOI 10.3390/agronomy13030931.

GILL, Alison R.; LOVEYS, Beth R.; CAVAGNARO, Timothy R.; BURTON, Rachel A. et al. The potential of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) as an emerging drought resistant fibre crop. *Plant and Soil*. 2023, 493, 7-16. DOI 10.1007/s11104-023-06219-9.

ADESINA, I.; BHOWMIK, A.; SHARMA, H.; SHAHBAZI, A. A review on the current state of knowledge of growing conditions, agronomic soil health practices and utilities of hemp in the United States. *Agriculture*. 2020, 10(4), 129. DOI 10.3390/agriculture10040129.

MASCARIELLO, Carlo et al. From residue to resource: The multifaceted environmental and bioeconomy potential of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). *Resources, Conservation and Recycling*. 2021, 175, 105864. DOI 10.1016/j.resconrec.2021.105864.

ZIMNIEWSKA, Małgorzata. Hemp fibre properties and processing target textile: A review. *Materials*. 2022, 15(5), 1901. DOI 10.3390/ma15051901.

sowie bei Überwachungsbehörden. Das Haupthemmnis stellt hierbei die sogenannte Rauschklausel dar. Investitions- und Rechtssicherheit für landwirtschaftliche Betriebe und Industrieunternehmen müssen durch praxisnahe administrative Leitlinien auf Landesebene hergestellt werden.³

Biochar kann unter definierten Bedingungen einen dauerhaften CO₂-Entnahmepfad darstellen. Der europäische Zertifizierungsrahmen CRCF⁴ und die 2026 verabschiedeten Methoden für dauerhafte Entnahmen schaffen hierfür erstmals einen unionsweiten Qualitätsrahmen. Zertifizierbar ist jedoch nicht die Kulturpflanze als solche, sondern nur die nachweisbare Nettoentnahme einer konkreten Aktivität unter Berücksichtigung von Baseline⁵, Prozessenergie, Transport, Stabilität, Nachhaltigkeit, Monitoring und Haftung.⁶

Auch thermochemische Kraftstoffpfade bis hin zu Sustainable Aviation Fuel (SAF)⁷ sind technisch grundsätzlich denkbar. Für Hanfstroh oder Hanfstoffe fehlt jedoch bislang der großtechnische Nachweis einer wettbewerbsfähigen, regulatorisch qualifizierten SAF-Produktion in Nordrhein-Westfalen. SAF sollte daher als Forschungs- und Demonstrationspfad für nicht höherwertig nutzbare Reststoffe behandelt werden, nicht als primärer Zielmarkt der Gesamtpflanze.

³ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND. Gesetz zum Umgang mit Konsumcannabis (Konsumcannabisgesetz - KCanG), insbesondere § 1 Nr. 9 und §§ 31-32. Aktuelle Fassung.

<https://www.gesetze-im-internet.de/kcang/BJNR06D0B0024.html>

EUROPÄISCHE KOMMISSION. Delegierte Verordnung (EU) 2022/126 vom 7. Dezember 2021 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2021/2115, insbesondere zu Hanfsorten und THC-Kontrollen. Amtsblatt der Europäischen Union. 2022.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R0126>

Landesbauordnung:

<https://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/dokumentenarchiv/Dokument/MMD18-17474.pdf>

BRANCHENVERBAND CANNABISWIRTSCHAFT E.V. ELEMENTE Band 21: Warum es praktisch ausgeschlossen ist, dass Nutzhanf zu Rauschzwecken missbraucht wird:

https://cannabiswirtschaft.de/wp-content/uploads/2026/08/ELEMENTE-21-Wirtschaftlichkeitsberechnung-Stellungnahme-Industriehanf-zu-Rauschzwecken_v1.1.pdf

⁴ Der CRCF (Carbon Removal Certification Framework) ist ein Zertifizierungsrahmen der EU für CO₂-Entnahmen, Landbewirtschaftung und Speicherung in Produkten. Weiterführende Informationen siehe hier:

https://climate.ec.europa.eu/areas-action/carbon-removals-and-carbon-farming_en

⁵ Die Baseline bildet die kalkulatorische Nulllinie ab.

⁶ EUROPÄISCHES PARLAMENT; RAT DER EUROPÄISCHEN UNION. Verordnung (EU) 2024/3012 vom 27. November 2024 zur Schaffung eines Unionsrahmens für die Zertifizierung von dauerhaften CO₂-Entnahmen, kohlenstoffspeichernder Landbewirtschaftung und der CO₂-Speicherung in Produkten. Amtsblatt der Europäischen Union. 2024.

https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202403012

EUROPÄISCHE KOMMISSION. Delegierte Verordnung (EU) 2026/285 vom 3. Februar 2026 zur Ergänzung der Verordnung (EU)2024/3012 durch Zertifizierungsmethoden für Tätigkeiten zur dauerhaften CO₂-Entnahme. Amtsblatt der Europäischen Union. 2026.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX:32026R0285>

FALLASCH, Felix; BÖTTCHER, Hannes. How to Measure and Quantify Biogenic Carbon Removals: Requirements for a Transparent Monitoring System. Climate Change 42/2024. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 2024.

https://www.umweltbundesamt.de/system/files/medien/11850/publikationen/42_2024_cc_biogenic_carbon_removals.pdf

FALLASCH, Felix; BÖTTCHER, Hannes; SCHNEIDER, Lambert et al. The EU Carbon Removal Certification Framework: Options for Using Certified Removal Units and Funding Mitigation Activities. Climate Change 44/2024. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 2024.

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/the-eu-carbon-removal-certification-framework>

MUKHERJEE, Alivia et al. Synthesis of biochar from lignocellulosic biomass for diverse industrial applications and energy harvesting: Effects of pyrolysis conditions on the physicochemical properties of biochar. Frontiers in Materials. 2022, 9, 870184. DOI 10.3389/fmats.2022.870184.

⁷ Nachhaltige Flugzeug-Kraftstoffe, die anders als herkömmliches fossiles Kerosin ohne die Verwendung von fossilen Kraftstoffen hergestellt werden.

Maßgeblich sind die Nachhaltigkeitskriterien der Erneuerbare-Energien-Richtlinie, die Anforderungen von ReFuelEU Aviation⁸ und eine vollständige Treibhausgasbilanz.⁹

Der BvCW empfiehlt ein mehrjähriges “Reallabor Industrieharf NRW” mit regionalen Hubs¹⁰, insbesondere im Rheinischen Revier. Landwirtschaft, Erstverarbeitung, Bau-, Textil-, Papier-, Chemie- und Energiewirtschaft, Hochschulen, Kommunen und Behörden sollten dort gemeinsame Standards und belastbare Geschäftsmodelle entwickeln. Die öffentliche Hand sollte Leitmärkte über innovationsorientierte Beschaffung, Demonstrationsbauten und investive Förderung schaffen, ohne technologische Ergebnisse vorwegzunehmen.

Industrieharf bietet Nordrhein-Westfalen die Chance, industrielle Transformation, regionale Wertschöpfung und Klimaschutz in einem integrierten bioökonomischen Demonstrationsvorhaben miteinander zu verbinden.

1. Anlass, Zielsetzung und Bewertungsmaßstab

Die Online-Konsultation des Ministeriums für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie dient der Konkretisierung der Bioökonomie-Strategie NRW in nachfolgenden Aktionsplänen. Die vorliegende Stellungnahme bewertet, unter welchen Bedingungen Industrieharf einen belastbaren Beitrag zu den strategischen Zielen des Landes leisten kann. Sie baut auf der bisherigen Verbandsposition auf, ordnet deren Aussagen jedoch neu, grenzt gesicherte Erkenntnisse von Entwicklungsannahmen ab und verbindet politische Empfehlungen mit überprüfbaren Voraussetzungen.

Als Bewertungsmaßstab dienen fünf Kriterien: erstens die nachhaltige Bereitstellung von Biomasse innerhalb ökologischer Grenzen; zweitens die möglichst hochwertige und mehrfache Nutzung der erzeugten Stoffströme; drittens die Treibhausgaswirkung über den gesamten Lebenszyklus; viertens die ökonomische Tragfähigkeit einschließlich Infrastruktur und Nachfrage; fünftens die regulatorische und technische Skalierbarkeit. Dieser Maßstab entspricht dem systemischen Ansatz der NRW-Strategie und der europäischen Bioökonomiestrategie von 2025.¹¹

⁸ EU-Initiative, welche Treibstofflieferanten und Fluggesellschaften zu einem Mindestanteil an nachhaltigen Kraftstoffen verpflichtet. Weiterführende Informationen siehe hier:

https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/air/environment/refueeu-aviation_en

⁹ EUROPÄISCHES PARLAMENT; RAT DER EUROPÄISCHEN UNION. Verordnung (EU) 2023/2405 vom 18. Oktober 2023 zur Gewährleistung gleicher Wettbewerbsbedingungen für einen nachhaltigen Luftverkehr (ReFuelEU Aviation). Amtsblatt der Europäischen Union. 2023.

<https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/2405/oj?locale=de>

EUROPÄISCHES PARLAMENT; RAT DER EUROPÄISCHEN UNION. Richtlinie (EU) 2018/2001 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen, konsolidierte Fassung 2024. Amtsblatt der Europäischen Union.

<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj?locale=de>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Carbon Accounting for Sustainable Biofuels. Paris: IEA, 2024.

<https://www.iea.org/reports/carbon-accounting-for-sustainable-biofuels>

MEURER, Andreas; JOCHEM, Patrick; KERN, Jürgen. Decentralised production of e-fuels for aviation: Implications and trade-offs of a targeted small-scale production of sustainable aviation fuel based on Fischer-Tropsch synthesis. Sustainable Energy & Fuels. 2024, 8, 752-765. DOI 10.1039/D3SE01156A.

SANTIAGO, York Castillo et al. Production of sustainable aviation fuel integrating biochemical and thermochemical routes: Techno-economic and environmental assessment considering alcohol-to-jet and Fischer-Tropsch strategies. Chemical Engineering Transactions. 2024, 109, 73-78. DOI 10.3303/CET24109013.

¹⁰ Zentrale Knotenpunkte

¹¹ Siehe Bioökonomie-Strategie NRW und Europäische Kommission:

https://beteiligung.nrw.de/portal/wirtschaft_nrw/beteiligung/themen/1027497/1069063

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52025DC0960>

2. Industriehanf im Kontext der Bioökonomie NRW

Industriehanf ist eine einjährige Kulturpflanze, deren wirtschaftliche Nutzung sich deutlich von medizinischem Cannabis und Konsumcannabis unterscheidet. Für die Bioökonomie sind vor allem Faser- und Körnerhanfsorten sowie die hieraus entstehenden Koppelprodukte relevant. Die EU verzeichnete 2022 eine Hanfanbaufläche von rund 33.000 ha und eine Produktion von etwa 179.000 t; dies zeigt eine etablierte, im Verhältnis zu klassischen Ackerkulturen jedoch weiterhin kleine Rohstoffbasis.¹²

Die ökonomische Stärke von Industriehanf liegt nicht in einem einzelnen Produkt, sondern in der potenziellen Kopplung mehrerer Märkte. Lange Fasern und ausgewählte Kurzfasern können in Textilien und technischen Verbundwerkstoffen eingesetzt werden; Schäben eignen sich unter anderem für Baustoffe, Tiereinstreu und weitere Materialanwendungen; Samen liefern Öl und Protein; niedrigwertige Fraktionen¹³ können als Rohstoff für chemische, thermochemische oder bodenbezogene Anwendungen dienen.¹⁴ Die tatsächliche Wertschöpfung hängt jedoch wesentlich davon ab, ob die Stoffströme in definierter Qualität, ausreichender Menge und mit vertretbaren Transportwegen verfügbar sind.

Für Nordrhein-Westfalen ist Industriehanf insbesondere dort anschlussfähig, wo bestehende Industriekompetenz genutzt werden kann: in der Chemie, im Anlagen- und Maschinenbau, in der Baustoffwirtschaft, in technischen Textilien, im Papier- und Verpackungssektor, in der Lebensmittelwirtschaft sowie in der Logistik. Damit bietet sich ein Ansatz an, der Landwirtschaft nicht isoliert fördert, sondern von konkreten industriellen Spezifikationen und Abnahmeverträgen ausgeht.

Tabelle 1: Potenziale und Voraussetzungen entlang der Wertschöpfungskette

Stufe	Belastbares Potenzial	Zentrale Voraussetzung	Hauptrisiko
Anbau	Diversifizierung von Fruchtfolgen; Faser-, Samen- und Biomasseerzeugung	Standortangepasste Sorten, Beratung, gesicherte Abnahme	Ertrags- und Qualitätsvariabilität
Ernte/Logistik	Regionale Rohstoffbündelung	Zeitgerechte Ernte, Trocknung, geringe Transportdistanzen	Geringe Schüttdichte ¹⁵ und saisonale Spitzen

¹² EUROPÄISCHE KOMMISSION. Hemp: Agriculture and Rural Development. Brüssel: Europäische Kommission, fortlaufend aktualisiert

https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crops/hemp_en

¹³ einzelne Bestandteile oder Teilmengen, in die ein Rohstoff zerlegt wird.

¹⁴ FLAJŠMAN, Marko; KOČJAN AČKO, Darja. Industrial hemp (Cannabis sativa L.) agronomy and utilization: A review. Agronomy. 2023, 13(3), 931. DOI 10.3390/agronomy13030931.

MASCARIELLO, Carlo et al. From residue to resource: The multifaceted environmental and bioeconomy potential of industrial hemp (Cannabis sativa L.). Resources, Conservation and Recycling. 2021, 175, 105864. DOI 10.1016/j.resconrec.2021.105864.

ZIMNIEWSKA, Małgorzata. Hemp fibre properties and processing target textile: A review. Materials. 2022, 15(5), 1901. DOI 10.3390/ma15051901.

BURTON, Rachel A. et al. Industrial hemp seed: From the field to value-added food ingredients. Journal of Cannabis Research. 2022, 4, 45. DOI 10.1186/s42238-022-00156-7.

ALOO, Simon Okomo et al. Uncovering the secrets of industrial hemp in food and nutrition: The trends, challenges, and new-age perspectives. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2024, 64(15), 5093-5112. DOI 10.1080/10408398.2022.2149468.

YIXIANG, Xui et al. Physicochemical, structural, and functional properties of hemp protein versus several commercially available plant and animal proteins: A comparative study. ACS Food Science & Technology. 2022, 2(10), 1672-1680. DOI 10.1021/acsfoodscitech.2c00250.

¹⁵ Masse geteilt durch Gesamtvolumen, welches die Hohlräume einschließt

Stufe	Belastbares Potenzial	Zentrale Voraussetzung	Hauptrisiko
Erstverarbeitung	Trennung in Fasern und Schäben; Qualitätsklassierung	Dekortikation ¹⁶ , Labor- und Prozessstandards	Fehlende Auslastung und Kapitalbindung
Industrie	Substitution fossiler oder importierter Rohstoffe	Produktspezifikationen, Normen, LCA ¹⁷ , Serienfähigkeit	Preis- und Qualitätskonkurrenz etablierter Materialien
Reststoffe	Biochar ¹⁸ , Chemikalien, Prozesswärme oder Kraftstoffdemonstration	Nachhaltigkeitsprüfung, emissionsarme Technik, MRV ¹⁹	Überbewertung geringer oder unsicherer Erlöse

3. Landwirtschaft, Boden und Carbon Farming

Aktuelle Übersichtsarbeiten beschreiben Industriedhanf als anpassungsfähige Kultur mit hohem Biomassepotenzial. Gleichwohl variieren Erträge, Wasserbedarf und Nährstoffeffizienz erheblich nach Sorte, Nutzungstyp, Standort, Bestandesführung und Witterung.²⁰ Hanf überzeugt in der Praxis durch seine hohe Beikrautunterdrückung im Dichtstand sowie ein überdurchschnittlich günstiges Verhältnis von Biomasseertrag zu Ressourceneinsatz. Um diese agronomischen Vorteile optimal auszuschöpfen, erfordern Trockenheitstoleranz und der Verzicht auf Pflanzenschutzmittel allerdings eine Standort- und sortenspezifische Kulturführung anstelle pauschaler Annahmen.

Für die Bodenfruchtbarkeit sind mehrere Wirkmechanismen zu unterscheiden. Das ausgeprägte Wurzelsystem kann Bodenstruktur und Durchwurzelung beeinflussen; Ernterückstände können organische Substanz beitragen; die Wirkung auf Humus und Folgekulturen hängt jedoch von Ernteintensität, Rückführung der Reststoffe, Bodenart und Fruchtfolge ab. Die Bezeichnung als allgemeine "Gesundungsfrucht" sollte deshalb durch standortbezogene Versuche und Fruchtfolgedaten ersetzt werden.

Carbon Farming²¹ darf nicht mit der während des Pflanzenwachstums kurzfristig gebundenen CO₂-Menge gleichgesetzt werden. Klimawirksam wird biogener Kohlenstoff erst, wenn Emissionen entlang der Produktion berücksichtigt und Kohlenstoff zusätzlich, nachvollziehbar und über eine definierte Dauer gespeichert wird. Für landwirtschaftliche Maßnahmen verlangt der europäische CRCF unter anderem Quantifizierung, Zusätzlichkeit, Nachhaltigkeit und Überwachung.²² Nordrhein-Westfalen sollte Industriedhanf daher in Carbon-Farming-Pilotvorhaben einbeziehen, aber keine pauschalen Zertifikate pro Hektar oder Tonne Biomasse vorsehen.

Empfohlen werden mehrjährige Feldversuche in unterschiedlichen NRW-Regionen. Zu erfassen sind Trockenmasseertrag, Faser- und Samenqualität, Nährstoffsalden, Pflanzenschutzaufwand, Bodenparameter, Biodiversitätsindikatoren und die Treibhausgasbilanz. Die Landwirtschaftskammer

¹⁶ Mechanischer Trennungsprozess in einer spezialisierten Anlage

¹⁷ LCA= Life Cycle Assessment, deutsch: Lebenszyklus-Analyse

¹⁸ Biochar= Pflanzenkohle

¹⁹ MRV=Monitoring, Reporting and Verification

²⁰ FLAJŠMAN, Marko; KOCJAN AČKO, Darja. Industrial hemp (Cannabis sativa L.) agronomy and utilization: A review. *Agronomy*. 2023, 13(3), 931. DOI 10.3390/agronomy13030931.

GILL, Alison R.; LOVEYS, Beth R.; CAVAGNARO, Timothy R.; BURTON, Rachel A. et al. The potential of industrial hemp (Cannabis sativa L.) as an emerging drought resistant fibre crop. *Plant and Soil*. 2023, 493, 7-16. DOI 10.1007/s11104-023-06219-9.

ADESINA, I.; BHOWMIK, A.; SHARMA, H.; SHAHBAZI, A. A review on the current state of knowledge of growing conditions, agronomic soil health practices and utilities of hemp in the United States. *Agriculture*. 2020, 10(4), 129. DOI 10.3390/agriculture10040129.

²¹ Konzept der regenerativen Landwirtschaft, um Treibhausgasemissionen zu verringern und Kohlenstoff aus Boden zu speichern

²² EUROPÄISCHES PARLAMENT; RAT DER EUROPÄISCHEN UNION. Verordnung (EU) 2024/3012 vom 27. November 2024 zur Schaffung eines Unionsrahmens für die Zertifizierung von dauerhaften CO₂-Entnahmen, kohlenstoffspeichernder Landbewirtschaftung und der CO₂-Speicherung in Produkten. Amtsblatt der Europäischen Union. 2024. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202403012

NRW sollte hierzu Anbauleitlinien und ein digitales Datenschema entwickeln, das spätere Lebenszyklusanalysen und Zertifizierungen unterstützt.

4. Kaskadennutzung und regionale Verarbeitungsstrukturen

Eine nachhaltige Bioökonomie setzt voraus, dass begrenzte Biomasse möglichst ressourceneffizient eingesetzt wird. Für Industriehanf bedeutet dies, hochwertige stoffliche Anwendungen vorrangig zu entwickeln und Koppelprodukte anschließend nach Qualität und Marktbedarf weiteren Pfaden zuzuführen. Lebensmittel, technische Fasern, Baustoffe und langlebige Produkte stehen in der Regel vor einer unmittelbaren Verbrennung oder Kraftstoffnutzung, sofern sie ökologisch und wirtschaftlich tragfähig sind.²³

Dieses Prinzip entspricht zugleich dem Leitbild des Cradle-to-Cradle-Ansatzes (nach McDonough & Brangart²⁴), bei dem biologische Rohstoffe möglichst vollständig und über mehrere Nutzungsschritte in technischen oder biologischen Kreisläufen geführt werden. Industriehanf eignet sich aufgrund seiner unterschiedlichen Pflanzenfraktionen – Samen, Fasern, Schäben sowie weiterer Koppel- und Reststoffe – in besonderem Maße für solche kaskadierten Stoffströme. Dadurch können Ressourceneffizienz, regionale Wertschöpfung und Rohstoffsubstitution gleichzeitig verbessert werden. Voraussetzung bleibt jedoch, dass jede Nutzung ökologisch und wirtschaftlich durch Lebenszyklusanalysen sowie Marktbedingungen abgesichert wird.

Die Kaskadennutzung ist allerdings kein starres Rangsystem. Nicht jede Faser erreicht Textilqualität, nicht jede Schäbe eignet sich für Bauprodukte, und kontaminierte oder stark heterogene Reststoffe können höherwertige Verwendungen ausschließen. Erforderlich ist daher eine qualitätsbasierte Stoffstromsteuerung mit definierten Spezifikationen, Rückverfolgbarkeit und transparenten Allokationsregeln in der Ökobilanz.

Die regionale Erstverarbeitung ist der Engpass vieler Hanfwertschöpfungsketten. Aufgrund des hohen Volumens bei geringem Gewicht ist der Transport von unverarbeitetem Hanfstroh – anders als bei kompakteren Pflanzenteilen – über längere Strecken weder ökonomisch noch ökologisch tragfähig. Rohhanfstroh ist voluminös und saisonal verfügbar; lange Transporte können Kosten und Umweltvorteile erheblich verschlechtern. Dekortikationsanlagen benötigen gleichzeitig ausreichende Auslastung und verlässliche Absatzmärkte. Der BvCW plädiert daher dafür, den Aufbau regionaler Bioökonomie-Hubs für die Erstverarbeitung (Dekortikation) gezielt über die Mittel des Strukturwandels (z. B. im Rheinischen Revier) zu fördern, da erst hierdurch Rohstoffe für den Bausektor oder die Papierindustrie logistisch und finanziell verfügbar werden. Förderpolitik sollte deshalb nicht einzelne Anlagen ohne Rohstoff- und Absatzkonzept finanzieren, sondern regionale Cluster mit Mindestmengen, Lieferverträgen, Produktqualitäten und mehreren Absatzwegen entwickeln.

²³ EUROPÄISCHE KOMMISSION. A Strategic Framework for a Competitive and Sustainable EU Bioeconomy. Brüssel: Europäische Kommission, 2025.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52025DC0960>

MASCARIELLO, Carlo et al. From residue to resource: The multifaceted environmental and bioeconomy potential of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). Resources, Conservation and Recycling. 2021, 175, 105864. DOI 10.1016/j.resconrec.2021.105864.

²⁴ Kreislauf-Prinzip für eine durchgängige und konsequente Kreislaufwirtschaft nach William McDonough & Michael Brangart (2002): Cradle to Cradle. North Point Press 2002

Auch unter:

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcenschonung-in-produktion-konsum/fragen-antwort-en-zu-cradle-to-cradle#-was-ist-cradle-to-cradle>

Um diese Schließung regionaler Stoffkreisläufe praxisnah zu erproben, sollte das Land ein „Reallabor IndustrieHanf“ als Modellregion etablieren. Ein solches Reallabor bietet den Rahmen, um Erzeugung, Verarbeitung und innovative Endanwendungen zu verzahnen, vereinfachte administrative Verfahren zu erproben sowie das Reallabor zugleich als Schnittstelle für die akademische und berufliche Ausbildung zur Qualifikation künftiger Fachkräfte zu nutzen. Weiterführende Informationen zur Ausgestaltung finden Sie in Kapitel 8.



Abbildung 1: Priorisierte Kaskadennutzung von Industriehanf. Eigene Darstellung auf Grundlage der Literatur.

5. Sektorale Wertschöpfungspotenziale

5.1 Bauwirtschaft und Kohlenstoffspeicherung in Produkten

Hanfkalk, Faserplatten und Dämmstoffe können insbesondere bei nichttragenden Bauteilen, Wärmedämmung und Feuchteregulierung eingesetzt werden. Die Materialeigenschaften hängen von Faser- oder Schäbenqualität, Bindemittel, Rezeptur, Dichte und Verarbeitung ab. Hanfkalk ist kein Ersatz für tragenden Beton, sondern ein biobasierter Leicht- und Dämmbaustoff.²⁵

Die Klimabilanz kann günstig sein, weil die Pflanze biogenen Kohlenstoff in die Biomasse einlagert und mineralische Bindemittel während der Nutzung karbonatisieren²⁶ können. Ob ein Produkt netto-negative Emissionen erreicht, ist jedoch ausschließlich anhand einer produktspezifischen Lebenszyklusanalyse zu beurteilen. Bilanzgrenzen, Bindemittelherstellung, Trocknung, Transport, Bauprozess, Nutzungsdauer und End-of-Life bestimmen das Ergebnis. Die öffentliche Hand sollte deshalb Umweltproduktdeklarationen, ÖKOBAUDAT-Datensätze²⁷ und geprüfte Nachweise fördern.

Darüber hinaus sollte Nordrhein-Westfalen bei öffentlichen Bau- und Sanierungsvorhaben konsequent an bestehende Nachhaltigkeitsbewertungssysteme anknüpfen. Insbesondere das

²⁵ TONG, Wei et al. State-of-the-art review on hempcrete as a sustainable substitute for traditional construction materials for home building. Buildings. 2025, 15(12), 1988. DOI 10.3390/buildings15121988.

²⁶ Karbonatisieren bedeutet, dass das Material beim Aushärten CO₂ wie ein Schwamm aus der Luft aufnimmt, darin dauerhaft als Stein speichert und dadurch noch fester wird.

²⁷ Weiterführend zur ÖKOBAUDAT (Datenbasis für relevante Bauprodukte): <https://www.oekobaudat.de/>

Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB²⁸) sowie die DGNB-Zertifizierung²⁹ ermöglichen eine objektive Berücksichtigung von Lebenszyklusemissionen, Kreislauffähigkeit und Ressourceneffizienz. Um der Vorbildfunktion des Landes Nachdruck zu verleihen und Leitmärkte zu schaffen, befürwortet der BvCW, die Anwendung dieser Nachhaltigkeitsstandards bei öffentlichen Bau- und Sanierungsvorhaben des Landes NRW zur Pflicht zu machen. Neben technologieoffenen Kriterien für niedrige Lebenszyklusemissionen, Rückbaubarkeit und Innenraumqualität sollte im Vergaberecht eine explizite Vorrangregelung für nachwachsende und CO₂-speichernde Rohstoffe verankert werden, die schrittweise in verbindliche produktneutrale Mindestquoten für biobasierte Materialien überführt wird. Voraussetzung hierfür ist die Verfügbarkeit belastbarer Umweltproduktdeklarationen (EPD³⁰) und vollständig hinterlegter Datensätze in der ÖKOBAUDAT, damit biobasierte Baustoffe wie Hanfkalk, Hanffaserdämmstoffe oder Verbundwerkstoffe im Rahmen öffentlicher Ausschreibungen gleichberechtigt und fair bewertet werden können. Zusätzlich sollten Demonstrationsgebäude wissenschaftlich begleitet werden und belastbare Daten zu Kosten, Bauphysik, Brandschutz, Dauerhaftigkeit und Kreislauffähigkeit liefern.

Positiv hervorzuheben ist die Initiative der Landesregierung „Bürokratie am Bau? Ciao!“, die Genehmigungs- und Bauverfahren vereinfachen soll. Das Land sollte hierzu den bestehenden Abweichungstatbestand für nachhaltiges Bauen in der BauO NRW³¹ nutzen, um für standardisierte Anwendungen von Naturbaustoffen wie Hanfkalk landesweite Erleichterungen über allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse (abP) oder Typengenehmigungen zu schaffen. Wer den beschleunigten Umbau von Gebäuden zu Wohnraum fordert, muss der heimischen Bauwirtschaft auch den unbürokratischen Zugriff auf zirkuläre, klimapositive Agrarrohstoffe ermöglichen.³²

5.2 Textilien, Papier und biobasierte Verbundwerkstoffe

Hanffasern besitzen grundsätzlich gute mechanische Eigenschaften³³, ihre industrielle Nutzung wird jedoch durch Schwankungen bei Faserlänge, Feinheit, Röste und Aufschluss begrenzt. Für hochwertige Textilien sind moderne Faseraufbereitung und gegebenenfalls Baumwollisierung³⁴ erforderlich. Besonders realistisch erscheinen zunächst technische Textilien, Vliese, naturfaserverstärkte Kunststoffe und Spezialanwendungen, in denen Festigkeit, geringes Gewicht oder biogener Rohstoffanteil einen Mehrwert erzeugen.³⁵

Im Papiersektor bietet Hanf Potenziale für Spezialzellstoff, technische Papiere und ausgewählte Verpackungen. Ein großvolumiger Ersatz etablierter Holz- oder Altpapierströme ist derzeit weder ökonomisch noch ökologisch allgemein belegt. NRW sollte deshalb an bestehende Papier- und Textilcluster anknüpfen und produktbezogene Demonstrationslinien fördern, die Rohstoffqualität, Prozesschemie, Recyclingfähigkeit und Kosten systematisch vergleichen.

²⁸ Weiterführend zur BNB-Zertifizierung: <https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/>

²⁹ Weiterführend zur DGNB-Zertifizierung (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen): <https://www.dgnb.de/de>

³⁰ Environmental Product Declaration: Umwelt-Produktdeklaration, steht im Bauwesen für ein verifiziertes Dokument über die Umweltbilanz eines Produkts.

³¹ Landesbauordnung: <https://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/dokumentenarchiv/Dokument/MMD18-17474.pdf>

³² Fehlende DIN-Normen erfordern extrem teure Einzelfallzulassungen für Biomaterialien. Diese sind mit standardisierten Tests zu Brandverhalten und Feuchtigkeitsregulierung verbunden, welche auf künstliche Materialien (z.B. Styropor) optimiert sind. Natürliche Eigenschaften von Hanffasern (wie die Fähigkeit, Feuchtigkeit ohne Substanzschaden aufzunehmen) werden in starren Labortests nicht berücksichtigt. Selbst etablierte europäische Branchengrößen wie ISOHEMP müssen für den deutschen Markt hohe bürokratische Hürden überwinden, obwohl sie in anderen europäischen Ländern bereits erfolgreich am Markt sind.

³³ Weiterführend zu den Eigenschaften der Hanffaser:

<https://www.material.uni-bayreuth.de/de/2-materialwelt-der-polymere/3-verbundwerkstoffe/05-hanf/index.html>

³⁴ technisches Verfahren, bei dem grobe Fasern so bearbeitet werden, dass sie Baumwolle ähneln

³⁵ ZIMNIEWSKA, Małgorzata. Hemp fibre properties and processing target textile: A review. Materials. 2022, 15(5), 1901. DOI 10.3390/ma15051901.

5.3 Ernährung, Protein und Life Sciences

Hanfsamen enthalten Öl und Protein und können als Lebensmittelzutat, Speiseöl oder Proteinfraktion eingesetzt werden. Die Literatur beschreibt ein ausgewogenes Aminosäuremuster, zugleich bestehen technofunktionelle Grenzen etwa bei Löslichkeit und Verarbeitung. Gesundheitsbezogene Aussagen müssen von ernährungsphysiologischen Daten und zugelassenen Health Claims getrennt werden.³⁶

Nordrhein-Westfalen verfügt bereits über erste Aktivitäten zur Entwicklung regionaler Proteinwertschöpfungsketten. Beispielhaft kann das Projekt PLANTEIN³⁷ genannt werden, in dem alternative pflanzliche Proteinquellen für Lebensmittel und Futtermittel erforscht und industrielle Verarbeitungskonzepte entwickelt werden. Industriedhanf kann aufgrund seines hochwertigen Samenproteins und seiner regionalen Verfügbarkeit eine sinnvolle Ergänzung solcher Initiativen darstellen. Im Zuge des Wandels zu nachhaltigen Ernährungssystemen sollten Hanferzeugnisse als hochwertige, heimische Proteinquelle daher explizit in die Proteinstrategie des Landes NRW und bestehende Förderprogramme für regionale Wertschöpfungsketten einbezogen werden. Dabei sollte Hanf nicht isoliert betrachtet, sondern in bestehende Proteinstrategien und Innovationsnetzwerke integriert werden. Um den Anbau auf der Fläche gezielt zu stärken, sollte die Einbindung von Industriedhanf in heimische Fruchtfolgen zudem durch spezifische Beratungs- und Bildungsangebote der Landwirtschaftskammer NRW flankiert werden.

Für NRW liegen Chancen in der Entwicklung regionaler Proteinprodukte, in der Nebenstromverwertung und in der Verbindung mit Lebensmitteltechnologie und Analytik. Für CBD-haltige oder andere extraktbasierte Produkte gelten zusätzliche lebensmittel- und gegebenenfalls neuartige Lebensmittelregelungen; sie dürfen nicht mit der unproblematischeren Nutzung von Samen und daraus gewonnenen Erzeugnissen vermischt werden.

Im Bereich Life Sciences sind Pflanzenanalytik, Qualitätskontrolle, Extraktion nicht berauschender Inhaltsstoffe und standardisierte Rohstoffcharakterisierung anschlussfähig. Die Stellungnahme empfiehlt jedoch eine klare regulatorische Trennung von Industriedhanf, Medizinalcannabis und Konsumcannabis. Medizinische Marktargumente sind kein Ersatz für den Nachweis bioökonomischer Nachhaltigkeit.

Tabelle 2: Sektorale Einsatzfelder und politische Ansatzpunkte

Sektor	Realistischer Einstieg	Erforderlicher Nachweis	Politischer Hebel
Bau	Dämmung, nichttragende Bauteile, Sanierung	Brandschutz, Bauphysik, EPD/LCA, Dauerhaftigkeit	Demonstrationsbauten und innovationsorientierte Beschaffung
Textil/Komposite	Technische Fasern, Vliese, Naturfaserverbunde	Faserqualität, Serienfähigkeit, Recycling	Pilotlinien und Clusterkooperationen
Papier	Spezialzellstoff und technische Papiere	Prozessausbeute, Chemikalienbedarf, Kosten	F&E ³⁸ mit Papierstandorten

³⁶ BURTON, Rachel A. et al. Industrial hemp seed: From the field to value-added food ingredients. Journal of Cannabis Research. 2022, 4, 45. DOI 10.1186/s42238-022-00156-7.

ALOO, Simon Okomo et al. Uncovering the secrets of industrial hemp in food and nutrition: The trends, challenges, and new-age perspectives. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2024, 64(15), 5093-5112. DOI 10.1080/10408398.2022.2149468.

YIXIANG, Xui et al. Physicochemical, structural, and functional properties of hemp protein versus several commercially available plant and animal proteins: A comparative study. ACS Food Science & Technology. 2022, 2(10), 1672-1680. DOI 10.1021/acsfoodscitech.2c00250.

³⁷ Weiterführend zum PLANTEIN-Projekt:

<https://www.landwirtschaftskammer.de/duesse/ackerbau/projekt-plantein/index.htm>

³⁸ F&E = Forschung und Entwicklung

Sektor	Realistischer Einstieg	Erforderlicher Nachweis	Politischer Hebel
Ernährung	Samen, Öl und Proteinfractionen	Lebensmittelsicherheit, Funktionalität, Marktakzeptanz	Regionale Protein- und Nebenstromprogramme
Chemie/Life Sciences	Biobasierte Zwischenprodukte und Analytik	Reinheit, Skalierbarkeit, regulatorischer Status	Bioraffinerie-Demonstration und Technologietransfer

6. Bioraffinerien, Biochar und Carbon Removal

Bioraffinerien zielen darauf ab, Biomasse in mehrere Produkte und Energieträger zu fraktionieren. Für Industriehanf kann dies die mechanische Trennung von Fasern und Schäben mit Öl-, Protein-, Extraktions-, Fermentations- oder thermochemischen Pfaden verbinden. Ein integriertes Konzept ist nur dann sinnvoll, wenn Produkte in marktgerechter Qualität entstehen und die zusätzlichen Prozessschritte gegenüber einfacheren Nutzungspfaden einen nachweisbaren ökologischen und wirtschaftlichen Mehrwert schaffen.³⁹

Pyrolyse⁴⁰ kann aus trockenen lignocellulosischen Reststoffen Biochar, Prozessgas und kondensierbare Produkte erzeugen. Die Eigenschaften der Pflanzenkohle hängen stark von Rohstoff, Temperatur, Verweilzeit und Nachbehandlung ab.⁴¹ Für den Bodeneinsatz sind Schadstoffgehalte, Nährstoffwirkung und standortspezifische Effekte zu prüfen. Der Nutzen reicht nicht automatisch von einer Pflanzenkohle auf alle Böden oder Kulturen.⁴²

Mit der Verordnung (EU) 2024/3012 sowie den im Rahmen des EU Carbon Removal Certification Framework (CRCF) schrittweise verabschiedeten Zertifizierungsmethoden besteht inzwischen ein europäischer Rahmen für die Zertifizierung dauerhafter CO₂-Entnahmen, der Biochar Carbon Removal ausdrücklich umfasst.⁴³ Für die Zertifizierung ist die Nettoentnahme gegenüber einer Baseline zu bestimmen. Zu berücksichtigen sind unter anderem Rohstoffbeschaffung, Vorketten, Prozessenergie, Emissionen, Stabilität des Kohlenstoffs, Nutzung, Monitoring, Risiken und Nachhaltigkeitsanforderungen. UBA⁴⁴-Analysen unterstreichen, dass robuste Quantifizierung und transparente Verwendung der Einheiten für die Umweltintegrität entscheidend sind.⁴⁵

³⁹ MASCARIELLO, Carlo et al. From residue to resource: The multifaceted environmental and bioeconomy potential of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). Resources, Conservation and Recycling. 2021, 175, 105864. DOI 10.1016/j.resconrec.2021.105864.

⁴⁰ Pyrolyse ist die chemische Zersetzung von Stoffen durch hohe Hitze ohne Sauerstoff.

⁴¹ MUKHERJEE, Alivia et al. Synthesis of biochar from lignocellulosic biomass for diverse industrial applications and energy harvesting: Effects of pyrolysis conditions on the physicochemical properties of biochar. Frontiers in Materials. 2022, 9, 870184. DOI 10.3389/fmats.2022.870184.

⁴² EUROPÄISCHES PARLAMENT; RAT DER EUROPÄISCHEN UNION. Verordnung (EU) 2023/2405 vom 18. Oktober 2023 zur Gewährleistung gleicher Wettbewerbsbedingungen für einen nachhaltigen Luftverkehr (ReFuelEU Aviation). Amtsblatt der Europäischen Union. 2023.

<https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/2405/oj?locale=de>

⁴³ EUROPÄISCHES PARLAMENT; RAT DER EUROPÄISCHEN UNION. Verordnung (EU) 2024/3012 vom 27. November 2024 zur Schaffung eines Unionsrahmens für die Zertifizierung von dauerhaften CO₂-Entnahmen, kohlenstoffspeichernder Landwirtschaft und der CO₂-Speicherung in Produkten. Amtsblatt der Europäischen Union. 2024.

https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202403012

EUROPÄISCHE KOMMISSION. Delegierte Verordnung (EU) 2026/285 vom 3. Februar 2026 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2024/3012 durch Zertifizierungsmethoden für Tätigkeiten zur dauerhaften CO₂-Entnahme. Amtsblatt der Europäischen Union. 2026.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX:32026R0285>

⁴⁴ Umweltbundesamt

⁴⁵ FALLASCH, Felix; BÖTTCHER, Hannes. How to Measure and Quantify Biogenic Carbon Removals: Requirements for a Transparent Monitoring System. Climate Change 42/2024. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 2024.

https://www.umweltbundesamt.de/system/files/medien/11850/publikationen/42_2024_cc_biogenic_carbon_removals.pdf

FALLASCH, Felix; BÖTTCHER, Hannes; SCHNEIDER, Lambert et al. The EU Carbon Removal Certification Framework: Options for Using Certified Removal Units and Funding Mitigation Activities. Climate Change 44/2024. Dessau-Roßlau:

Für Nordrhein-Westfalen ergibt sich daraus ein sinnvoller Demonstrationspfad: Nicht höherwertig verwertbare Hanfstoffe könnten gemeinsam mit anderen nachhaltig verfügbaren biogenen Reststoffen in einer emissionsarmen Pyrolyseanlage verarbeitet werden. Das Vorhaben sollte Wärme- oder Gasnutzung integrieren, den Biochar nach anerkannten Qualitätskriterien prüfen und ein CRCF-kompatibles Monitoring entwickeln. Einnahmen aus Zertifikaten sind als möglicher Zusatz, nicht als alleinige Finanzierungsgrundlage zu behandeln.

7. Sustainable Aviation Fuel und thermochemische Pfade

Die Luftfahrt benötigt neben Effizienz, Elektrifizierung geeigneter Segmente und Nachfragereduktion nachhaltige Kraftstoffe für schwer elektrifizierbare Langstrecken. ReFuelEU Aviation führt steigende Mindestanteile nachhaltiger Flugkraftstoffe ein; zugleich bestimmen die Erneuerbare-Energien-Richtlinie und die einschlägigen Zertifizierungsregeln, welche Rohstoffe und Treibhausgasreduzierungen anerkannt werden.⁴⁶

Lignocellulose Biomasse kann prinzipiell über Vergasung, Gasreinigung, Synthesegaskonditionierung und Fischer-Tropsch-Synthese zu Kraftstoffkomponenten verarbeitet werden. Alternativ können biogene Zwischenprodukte in andere zugelassene SAF-Pfade eingehen. Die technische Machbarkeit einzelner Prozessschritte ist bekannt, die Wirtschaftlichkeit hängt jedoch stark von Anlagengröße, Rohstoffkosten, Auslastung, Wasserstoff- und Energieversorgung, Gasreinigung, Kohlenstoffausbeute und Produktaufarbeitung ab.⁴⁷

Für Industriehanf ist eine differenzierte Einordnung erforderlich. Die Nutzung der gesamten Pflanze für Kraftstoff würde mit stofflichen Anwendungen und Flächen konkurrieren. Plausibler ist die Prüfung von Reststoffen und nicht spezifikationsgerechten Fraktionen in einem Multi-Feedstock-Konzept.⁴⁸ Auch dann sind Nachhaltigkeitsnachweis, Rückverfolgbarkeit und eine vollständige Lebenszyklusbilanz erforderlich. Die IEA⁴⁹ weist darauf hin, dass die Klimawirkung von Biofuels wesentlich von Rohstoffherkunft, Landnutzungsänderungen, Prozessenergie und Bilanzierungsmethode abhängt.

Der BvCW empfiehlt daher keinen unmittelbaren großtechnischen Hanf-SAF-Ausbau, sondern eine stufenweise Machbarkeitsprüfung. Stufe eins umfasst Rohstoffcharakterisierung und

Umweltbundesamt, 2024.

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/the-eu-carbon-removal-certification-framework>

⁴⁶ EUROPÄISCHES PARLAMENT; RAT DER EUROPÄISCHEN UNION. Verordnung (EU) 2023/2405 vom 18. Oktober 2023 zur Gewährleistung gleicher Wettbewerbsbedingungen für einen nachhaltigen Luftverkehr (ReFuelEU Aviation). Amtsblatt der Europäischen Union. 2023.

<https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/2405/oj?locale=de>

EUROPÄISCHES PARLAMENT; RAT DER EUROPÄISCHEN UNION. Richtlinie (EU) 2018/2001 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen, konsolidierte Fassung 2024. Amtsblatt der Europäischen Union.

<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj?locale=de>

⁴⁷ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Carbon Accounting for Sustainable Biofuels. Paris: IEA, 2024.

<https://www.iea.org/reports/carbon-accounting-for-sustainable-biofuels>

MEURER, Andreas; JOCHEM, Patrick; KERN, Jürgen. Decentralised production of e-fuels for aviation: Implications and trade-offs of a targeted small-scale production of sustainable aviation fuel based on Fischer-Tropsch synthesis. Sustainable Energy & Fuels. 2024, 8, 752-765. DOI 10.1039/D3SE01156A.

SANTIAGO, York Castillo et al. Production of sustainable aviation fuel integrating biochemical and thermochemical routes: Techno-economic and environmental assessment considering alcohol-to-jet and Fischer-Tropsch strategies. Chemical Engineering Transactions. 2024, 109, 73-78. DOI 10.3303/CET24109013.

⁴⁸ beschreibt den flexiblen Einsatz verschiedener Roh- oder Ausgangsstoffe (Feedstocks) in einer industriellen Anlage

⁴⁹ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Carbon Accounting for Sustainable Biofuels. Paris: IEA, 2024.

<https://www.iea.org/reports/carbon-accounting-for-sustainable-biofuels>

Massenbilanzen; Stufe zwei Labor- und Pilotversuche zu Vergasung oder Pyrolyse; Stufe drei eine technoökonomische und regulatorische Bewertung; erst danach sollte über eine Demonstrationsanlage entschieden werden. Ein solcher Ansatz kann an die Chemie-, Raffinerie-, Wasserstoff- und Luftfahrtkompetenz Nordrhein-Westfalens anknüpfen, ohne die Ergebnisse vorwegzunehmen.

8. Reallabor Industrieharf NRW und Rheinisches Revier

Das Rheinische Revier bietet aufgrund des Strukturwandels, verfügbarer Industrie­flächen, logistischer Infrastruktur und der Nähe zu Hochschulen sowie Chemie- und Werkstoffunternehmen günstige Voraussetzungen für ein regionales Demonstrationsvorhaben. Ziel sollte nicht die Förderung einer einzelnen Technologie, sondern der Nachweis einer funktionsfähigen Wertschöpfungskette von der Landwirtschaft bis zu mehreren marktfähigen Produkten sein.

Vorgeschlagen wird ein Reallabor Industrieharf NRW mit einer Laufzeit von mindestens fünf Jahren. Es sollte mehrere Anbauregionen mit einer modularen Erstverarbeitung und industriellen Anwendungspartnern verbinden. Ein unabhängiges wissenschaftliches Arbeitspaket sollte Stoffströme, Kosten, Emissionen, Bodenwirkungen, Beschäftigung und regulatorische Hemmnisse erfassen. Durch transparente Daten können politische Entscheidungen, private Investitionen und spätere Skalierung auf eine belastbare Grundlage gestellt werden.

Das Reallabor sollte zugleich der beruflichen und akademischen Qualifizierung dienen. Benötigt werden Kompetenzen in Agronomie, Faser- und Verfahrenstechnik, Baustoffprüfung, Lebensmitteltechnologie, Analytik, Lebenszyklusanalyse, Qualitätsmanagement und regulatorischer Bewertung. Eine Verknüpfung mit Hochschulen, Berufskollegs, Kammern und Weiterbildungsträgern kann Fachkräftesicherung und regionalen Wissenstransfer unterstützen.

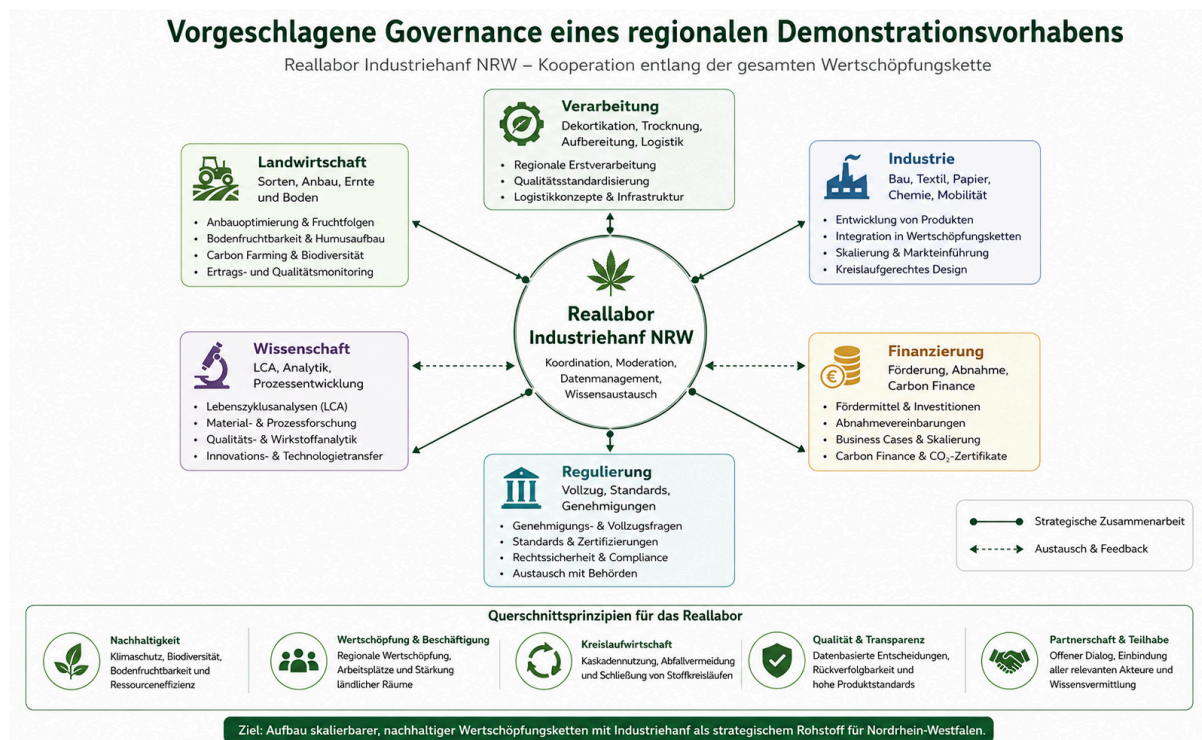


Abbildung 2: Governance eines Reallabors Industrieharf NRW. Eigene Darstellung.

9. Regulatorische Rahmenbedingungen

Das zentrale regulatorische Problem ist die unzureichende Trennschärfe zwischen Industriedhanf und konsumbezogenen Cannabisregelungen. Die Nutzhanfdefinition des § 1 Nr. 9 KCanG verlangt weiterhin, dass der gewerbliche oder wissenschaftliche Zweck einen Missbrauch zu Rauschzwecken ausschließt.⁵⁰ Diese sogenannte Rauschklausel kann bei Blüten und anderen Pflanzenteilen zu Rechtsunsicherheit, uneinheitlichem Vollzug und Investitionsrisiken führen, obwohl zertifizierte Sorten und THC-Kontrollen bereits Teil des europäischen Agrarrechts sind.⁵¹ In der Praxis führt dies dazu, dass sich landwirtschaftliche Betriebe und industrielle Verarbeiter in NRW noch immer mit unvorhersehbaren Behördenauslegungen, Ermittlungsverfahren oder Vertriebsverboten und Beschlagnahmen konfrontiert sehen, was ein unnötiges und zugleich erhebliches Hemmnis für wirtschaftliches Engagement darstellt.⁵²

Der BvCW empfiehlt eine gesetzliche Neuregelung, die legal erzeugten Industriedhanf anhand objektiver Kriterien - insbesondere zertifiziertem Saatgut, unionsrechtlichen THC-Anforderungen, dokumentierter Lieferkette und bestimmungsgemäßer industrieller Nutzung - eindeutig von Konsumcannabis abgrenzt. Die politische Forderung richtet sich primär an den Bundesgesetzgeber. Nordrhein-Westfalen kann sie über Bundesratsinitiativen unterstützen und bis dahin für einen einheitlichen, risikobasierten Verwaltungsvollzug sorgen. Bis zu dieser bundesgesetzlichen Neuregelung sollte die Landesregierung landesweite Erlasse und verbindliche Leitlinien für die lokalen Überwachungsbehörden in NRW herausgeben, um eine praxistaugliche, verhältnismäßige und investitionsfreundliche Auslegung zu garantieren sowie Kriminalisierungsrisiken für legale biobasierte Wirtschaftsbetriebe direkt auszuschließen. Landesleitlinien dürfen Bundesrecht nicht ersetzen, können aber Zuständigkeiten, Probenahme, Verhältnismäßigkeit, Umgang mit Rohstoffen und Kommunikation mit Wirtschaftsbeteiligten vereinheitlichen.

Ergänzend benötigt der Markt verbindliche Auslegungs-Leitlinien zur Verkehrsfähigkeit von hanfbasierten Lebensmitteln (wie CBD- und Samenprodukten): Technisch unvermeidbare, wissenschaftlich abgesicherte und gesundheitlich unbedenkliche Spurengehalte an THC dürfen von den NRW-Überwachungsbehörden nicht als Hindernis für den Marktzugang gewertet werden. Dabei sind Lebensmittel-, Futtermittel-, Novel-Food-, Chemikalien-, Bauprodukt- und Abfallrecht jeweils gesondert zu beachten. Eine pauschale Verkehrsfähigkeit sämtlicher CBD-Produkte lässt sich aus dem Nutzhanfstatus nicht ableiten.

Regulatorische Vereinfachung sollte deshalb mit Standards, Rückverfolgbarkeit und Qualitätssicherung verbunden werden. Ziel ist nicht eine Absenkung des Schutzniveaus, sondern ein vorhersehbarer Vollzug, der legale industrielle Anwendungen ermöglicht und zugleich missbräuchliche Vertriebsformen wirksam adressiert.

⁵⁰ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND. Gesetz zum Umgang mit Konsumcannabis (Konsumcannabisgesetz - KCanG), insbesondere § 1 Nr. 9 und §§ 31-32. Aktuelle Fassung.

<https://www.gesetze-im-internet.de/kcang/BJNR06D0B0024.html>

⁵¹ EUROPÄISCHE KOMMISSION. Delegierte Verordnung (EU) 2022/126 vom 7. Dezember 2021 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2021/2115, insbesondere zu Hanfsorten und THC-Kontrollen. Amtsblatt der Europäischen Union. 2022.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R0126>

⁵² Händler und Landwirte von CBD- und Industriedhanf werden wegen der theoretischen Aufbereitungsmöglichkeit von Nutzhanf zu Rauschzwecken kriminalisiert. Aus wirtschaftlicher Sicht ist die THC-Extraktion oder der Rauschkonsum von EU-zertifiziertem Industriedhanf sowohl aufgrund der Kosten als auch der aufwendigen Handhabung nicht plausibel. Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung finden Sie hier: [ELEMENTE Band 21: Warum es praktisch ausgeschlossen ist, dass Nutzhanf zu Rauschzwecken missbraucht wird](#)

10. Handlungsempfehlungen

Aus der Analyse ergeben sich elf prioritäre Maßnahmen für die Aktionspläne der Bioökonomie-Strategie NRW:

1. **Regulatorischen Vollzug harmonisieren und Rauschklausel überwinden.** NRW sollte landesweite Vollzugserlasse und Ansprechstellen für Industriehanf schaffen, um Kriminalisierungsrisiken für legale Wirtschaftsbetriebe auszuschließen und sich per Bundesratsinitiative auf Bundesebene für eine Streichung der investitionshemmenden Rauschklausel zugunsten einer objektiven, rechtssicheren Nutzhanfdefinition einsetzen.
2. **Industriehanf ausdrücklich als Demonstrationsrohstoff aufnehmen.** Die Aktionspläne sollten Industriehanf bei Landwirtschaft, Bau, Textil, Papier, Chemie, Ernährung und Carbon Management⁵³ benennen, ohne Exklusivität gegenüber anderen Biomassen zu schaffen.
3. **Reallabor Industriehanf NRW etablieren.** Ein fünfjähriges, wettbewerblich ausgewähltes Konsortium soll eine vollständige regionale Wertschöpfungskette und mehrere Absatzpfade demonstrieren.
4. **Erstverarbeitung nur clusterbasiert fördern.** Investitionsförderung für Dekortikation und Trocknung sollte an Rohstoffverträge, Mindestmengen, Absatzpartner und eine belastbare Auslastungsplanung gebunden sein.
5. **Agronomische Datenbasis schaffen.** Landwirtschaftskammer und Forschungseinrichtungen sollten mehrjährige Standortversuche, Fruchtfolgeeffekte und standardisierte Nachhaltigkeitsdaten bereitstellen.
6. **Leitmärkte im nachhaltigen Bauen entwickeln.** Öffentliche Beschaffung sollte Lebenszyklusemissionen, Kreislauffähigkeit und Innenraumqualität berücksichtigen und Demonstrationsbauten mit geprüften biobasierten Materialien ermöglichen.
7. **Kreislaufgerechtes Bauen stärken.** Nordrhein-Westfalen sollte Cradle-to-Cradle-Prinzipien, BNB, DGNB sowie ÖKOBAUDAT konsequent miteinander verknüpfen und biobasierte Baustoffe im Rahmen öffentlicher Beschaffung sowie Demonstrationsvorhaben stärker berücksichtigen. Gleichzeitig sollten erfolgreiche Landesinitiativen zum Bürokratieabbau im Bauwesen genutzt werden, um standardisierte und wissenschaftlich validierte Naturbaustoffe schneller in den Markt zu bringen.
8. **Produkt- und Ökobilanzdaten finanzieren.** Förderfähig sollten EPD, ÖKOBAUDAT-Datensätze, Normungsarbeit, Materialprüfung und unabhängige LCA sein.
9. **Biochar-Demonstration CRCF-konform aufbauen.** Nur niedrigwertige Reststoffe, emissionsarme Pyrolyse, produktive Energienutzung, Qualitätsprüfung und robustes MRV sollten gefördert werden.
10. **SAF als gestuften Forschungsweg behandeln.** Vor Investitionen in Anlagen sind Feedstock-, Prozess-, Nachhaltigkeits- und Wirtschaftlichkeitsnachweise für Multi-Feedstock-Pfade zu erbringen.
11. **Wirkungen transparent evaluieren.** Förderprogramme sollten an messbare Indikatoren für private Investitionen, regionale Wertschöpfung, Emissionsminderung, Ressourceneffizienz und Beschäftigung geknüpft werden.

Tabelle 3: Vorschlag für einen stufenweisen Umsetzungsplan

⁵³ Carbon Management umfasst alle Strategien, Bilanzen und Technologien zur Erfassung, Reduzierung, Nutzung und dauerhaften Speicherung von klimaschädlichem Kohlendioxid (CO₂), um Netto-Null-Klimaziele zu erreichen

Zeitraum	Schwerpunkt	Ergebnis	Entscheidungspunkt
2026-2027	Konsortium, Standortdaten, Rohstoff- und Marktanalyse	Umsetzungs- und Finanzierungsplan	Go/No-Go für Investitionen
2027-2029	Feldversuche, modulare Erstverarbeitung, Produktdemonstratoren	Qualitätsdaten, LCA, erste Abnahmeverträge	Auswahl skalierbarer Pfade
2029-2031	Industrielle Demonstration, Bauprojekte, Biochar-MRV	Serien- und Zertifizierungsnachweise	Private Anschlussinvestitionen
ab 2031	Skalierung wirtschaftlich tragfähiger Module	Regionale Hubs und Leitmärkte	Fortführung ohne dauerhafte Subvention

11. Fazit

Industriehanf ist weder eine Nischenpflanze ohne industriepolitische Bedeutung noch eine pauschale Lösung für Klima- und Rohstoffprobleme. Sein strategischer Wert liegt in der Möglichkeit, mehrere stoffliche und gegebenenfalls thermochemische Nutzungspfade in regionalen Wertschöpfungsketten zu verbinden. Nordrhein-Westfalen verfügt über die industrielle, wissenschaftliche und logistische Basis, um diese Potenziale unter realen Marktbedingungen zu prüfen.

Die Landespolitik sollte den Aufbau solcher Ketten ermöglichen, aber an klare Qualitäts-, Nachhaltigkeits- und Wirtschaftlichkeitskriterien binden. Besonders erfolgversprechend sind Bauprodukte, technische Fasern, Verbundwerkstoffe, Lebensmittel- und Proteinfraktionen sowie die Nutzung geeigneter Reststoffe. Biochar und SAF verdienen eine gezielte Erprobung, dürfen jedoch nicht mit vorab unterstellten Erlösen oder Klimawirkungen begründet werden.

Ein Reallabor Industriehanf NRW kann den notwendigen Übergang von Einzelprojekten zu einem überprüfbaren industriellen System organisieren. In Verbindung mit der Überwindung der investitionshemmenden Rauschklausel, einem harmonisierten Vollzug und innovationsorientierter öffentlicher Nachfrage kann Industriehanf zu einem sichtbaren Baustein einer resilienten Bioökonomie Nordrhein-Westfalens werden.

Abkürzungsverzeichnis

BtL	Biomass-to-Liquids
BCR	Biochar Carbon Removal
BvCW	Branchenverband Cannabiswirtschaft e.V.
CDR	Carbon Dioxide Removal
CRCF	EU Carbon Removal Certification Framework
EPD	Environmental Product Declaration / Umweltproduktdeklaration
FT	Fischer-Tropsch
KCanG	Konsumcannabisgesetz
LCA	Life Cycle Assessment / Lebenszyklusanalyse
MRV	Monitoring, Reporting and Verification
NRW	Nordrhein-Westfalen
RED	Renewable Energy Directive / Erneuerbare-Energien-Richtlinie
SAF	Sustainable Aviation Fuel

Literaturverzeichnis

- [1] MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, INDUSTRIE, KLIMASCHUTZ UND ENERGIE DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN. Bioökonomie-Strategie NRW: Auf dem Weg in eine resiliente Zukunft. Düsseldorf: MWIKE NRW, 2026.
https://beteiligung.nrw.de/portal/wirtschaft_nrw/beteiligung/themen/1027497/1069063
- [2] BUNDESREGIERUNG. Nationale Bioökonomiestrategie. Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung; Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2020.
https://www.bmfr.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/7/31576_Nationale_Bioekonomiestrategie_Langfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=6
- [3] EUROPÄISCHE KOMMISSION. A Strategic Framework for a Competitive and Sustainable EU Bioeconomy. Brüssel: Europäische Kommission, 2025.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52025DC0960>
- [4] EUROPÄISCHE KOMMISSION. Hemp: Agriculture and Rural Development. Brüssel: Europäische Kommission, fortlaufend aktualisiert
https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crops/hemp_en
- [5] FLAJŠMAN, Marko; KOCJAN AČKO, Darja. Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) agronomy and utilization: A review. Agronomy. 2023, 13(3), 931. DOI 10.3390/agronomy13030931.
- [6] GILL, Alison R.; LOVEYS, Beth R.; CAVAGNARO, Timothy R.; BURTON, Rachel A. et al. The potential of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) as an emerging drought resistant fibre crop. Plant and Soil. 2023, 493, 7-16. DOI 10.1007/s11104-023-06219-9.
- [7] ADESINA, I.; BHOWMIK, A.; SHARMA, H.; SHAHBAZI, A. A review on the current state of knowledge of growing conditions, agronomic soil health practices and utilities of hemp in the United States. Agriculture. 2020, 10(4), 129. DOI 10.3390/agriculture10040129.
- [8] MASCARIELLO, Carlo et al. From residue to resource: The multifaceted environmental and bioeconomy potential of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). Resources, Conservation and Recycling. 2021, 175, 105864. DOI 10.1016/j.resconrec.2021.105864.
- [9] ZIMNIEWSKA, Małgorzata. Hemp fibre properties and processing target textile: A review. Materials. 2022, 15(5), 1901. DOI 10.3390/ma15051901.
- [10] BURTON, Rachel A. et al. Industrial hemp seed: From the field to value-added food ingredients. Journal of Cannabis Research. 2022, 4, 45. DOI 10.1186/s42238-022-00156-7.
- [11] ALOO, Simon Okomo et al. Uncovering the secrets of industrial hemp in food and nutrition: The trends, challenges, and new-age perspectives. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2024, 64(15), 5093-5112. DOI 10.1080/10408398.2022.2149468.
- [12] YIXIANG, Xui et al. Physicochemical, structural, and functional properties of hemp protein versus several commercially available plant and animal proteins: A comparative study. ACS Food Science & Technology. 2022, 2(10), 1672-1680. DOI 10.1021/acsfoodscitech.2c00250.
- [13] TONG, Wei et al. State-of-the-art review on hempcrete as a sustainable substitute for traditional construction materials for home building. Buildings. 2025, 15(12), 1988. DOI 10.3390/buildings15121988.

- [14] EUROPÄISCHES PARLAMENT; RAT DER EUROPÄISCHEN UNION. Verordnung (EU) 2024/3012 vom 27. November 2024 zur Schaffung eines Unionsrahmens für die Zertifizierung von dauerhaften CO₂-Entnahmen, kohlenstoffspeichernder Landbewirtschaftung und der CO₂-Speicherung in Produkten. Amtsblatt der Europäischen Union. 2024.
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202403012
- [15] EUROPÄISCHE KOMMISSION. Delegierte Verordnung (EU) 2026/285 vom 3. Februar 2026 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2024/3012 durch Zertifizierungsmethoden für Tätigkeiten zur dauerhaften CO₂-Entnahme. Amtsblatt der Europäischen Union. 2026.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX:32026R0285>
- [16] FALLASCH, Felix; BÖTTCHER, Hannes. How to Measure and Quantify Biogenic Carbon Removals: Requirements for a Transparent Monitoring System. Climate Change 42/2024. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 2024.
https://www.umweltbundesamt.de/system/files/medien/11850/publikationen/42_2024_cc_biogenic_carbon_removals.pdf
- [17] FALLASCH, Felix; BÖTTCHER, Hannes; SCHNEIDER, Lambert et al. The EU Carbon Removal Certification Framework: Options for Using Certified Removal Units and Funding Mitigation Activities. Climate Change 44/2024. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 2024.
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/the-eu-carbon-removal-certification-framework>
- [18] MUKHERJEE, Alivia et al. Synthesis of biochar from lignocellulosic biomass for diverse industrial applications and energy harvesting: Effects of pyrolysis conditions on the physicochemical properties of biochar. Frontiers in Materials. 2022, 9, 870184. DOI 10.3389/fmats.2022.870184.
- [19] EUROPÄISCHES PARLAMENT; RAT DER EUROPÄISCHEN UNION. Verordnung (EU) 2023/2405 vom 18. Oktober 2023 zur Gewährleistung gleicher Wettbewerbsbedingungen für einen nachhaltigen Luftverkehr (ReFuelEU Aviation). Amtsblatt der Europäischen Union. 2023.
<https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/2405/oj?locale=de>
- [20] EUROPÄISCHES PARLAMENT; RAT DER EUROPÄISCHEN UNION. Richtlinie (EU) 2018/2001 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen, konsolidierte Fassung 2024. Amtsblatt der Europäischen Union.
<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj?locale=de>
- [21] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Carbon Accounting for Sustainable Biofuels. Paris: IEA, 2024.
<https://www.iea.org/reports/carbon-accounting-for-sustainable-biofuels>
- [22] MEURER, Andreas; JOCHEM, Patrick; KERN, Jürgen. Decentralised production of e-fuels for aviation: Implications and trade-offs of a targeted small-scale production of sustainable aviation fuel based on Fischer-Tropsch synthesis. Sustainable Energy & Fuels. 2024, 8, 752-765. DOI 10.1039/D3SE01156A.
- [23] SANTIAGO, York Castillo et al. Production of sustainable aviation fuel integrating biochemical and thermochemical routes: Techno-economic and environmental assessment considering alcohol-to-jet and Fischer-Tropsch strategies. Chemical Engineering Transactions. 2024, 109, 73-78. DOI 10.3303/CET24109013.
- [24] BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND. Gesetz zum Umgang mit Konsumcannabis (Konsumcannabisgesetz - KCanG), insbesondere § 1 Nr. 9 und §§ 31-32. Aktuelle Fassung.
<https://www.gesetze-im-internet.de/kcang/BJNR06D0B0024.html>
- [25] EUROPÄISCHE KOMMISSION. Delegierte Verordnung (EU) 2022/126 vom 7. Dezember 2021 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2021/2115, insbesondere zu Hanfsorten und THC-Kontrollen. Amtsblatt der Europäischen Union. 2022.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R0126>
- [26] Kreislauf-Prinzip für eine durchgängige und konsequente Kreislaufwirtschaft nach William McDonough & Michael Brangart (2002): Cradle to Cradle. North Point Press 2002
Auch unter:
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcenschonung-in-produktion-konsum/fragen-antworten-zu-cradle-to-cradle#-was-ist-cradle-to-cradle>
- [27] Landesbauordnung: <https://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/dokumentenarchiv/Dokument/MMD18-17474.pdf>
- [28] BRANCHENVERBAND CANNABISWIRTSCHAFT E.V. ELEMENTE Band 21: Warum es praktisch ausgeschlossen ist, dass Nutzhanf zu Rauschzwecken missbraucht wird:
https://cannabiswirtschaft.de/wp-content/uploads/2026/08/ELEMENTE-21-Wirtschaftlichkeitsberechnung-Stellungnahme-Industriehanf-zu-Rauschzwecken_v1.1.pdf

Redaktioneller Hinweis: Zentrale quantitative oder technologische Aussagen wurden bewusst konservativ formuliert. Wo belastbare großtechnische Daten für Nordrhein-Westfalen fehlen, werden Forschungs-, Demonstrations- oder Prüfbedarfe ausgewiesen.