



DECHEMA

Gesellschaft für Chemische Technik
und Biotechnologie e.V.

PHYTOEXTRAKTE

Nachhaltige Quelle für innovative Produkte

Trends, Perspektiven, Visionen

https://dechema.de/Roadmap_Phytoextrakte_2025





Inhalt

Roadmap Phytoextraktion

1. Einführung	3
2. Marktüberblick	4
3. Struktur der Branche in Deutschland	6
4. Aktuelle Herausforderungen der Branche	6
5. Empfohlene Maßnahmen	8
6. Roadmap 2034: Stand der Technik	9
7. Roadmap 2034 – Zukünftige Entwicklung	10
7.1 Industrielle Umsetzung	10
7.2 Wertschöpfung aus Nebenströmen	12
7.3 Technologische Innovation	13
8. Impressum	14

1. Einführung

Das politische Ziel der Klimaneutralität mit seiner Umsetzung in Green Deal, Bioökonomie, Biobased World, Nachhaltigkeit und auch Resilienz sowie Circular Economy ist in allen Bereichen nur mit dem Einsatz pflanzenbasierter Rohstoffe zu erreichen.

Als natürliche Produkte aus erneuerbaren Ressourcen werden pflanzenbasierte Extrakte von Endverbrauchern als nachhaltig und „grün“ wahrgenommen. Sie sind zentrale Bestandteile in Kosmetika und Parfums, aber werden auch als Geruchs-, Geschmacks- und Farbstoffe und als Hydrokolloide zur Einstellung der Viskosität in Nahrungsmitteln und Getränken eingesetzt. Ebenso werden sie als Nahrungsergänzungs- und pflanzliche Arzneimittel genutzt. Einen weiteren Einsatzbereich bilden pflanzenbasierte Extrakte als natürlich abbaubare Pflanzenschutzmittel oder als Konservierungsstoffe im Lebensmittelbereich (z.B. Rosmarin-Extrakt). Hinzu kommt die Verwendung als Hilfsmittel zur Materialherstellung (Gerbstoffe), als Gerüstsubstanz für das Tissue Engineering und die Gewebekultur (Alginat), als Nährstoffquelle für die biotechnische Produktion (Malzextrakt) und als biochemische Reagenzien für Forschung und medizinische Diagnostik (Lectine). „Natürlichkeit“ ist hier in allen Produktbereichen zentrales Entscheidungskriterium für die Endverbraucher. Phytoextrakte leisten Beiträge zum gesellschaftlichen Nutzen in drei der fünf zentralen Lebensbereiche, nämlich Gesundheit, Nahrung und Energie, während der Beitrag zu Mobilität und IT eher gering ist.



2. Marktüberblick

Studien gehen von einem deutlichen Marktwachstum aus mit ca. einer Verdoppelung innerhalb der nächsten 8 Jahre:

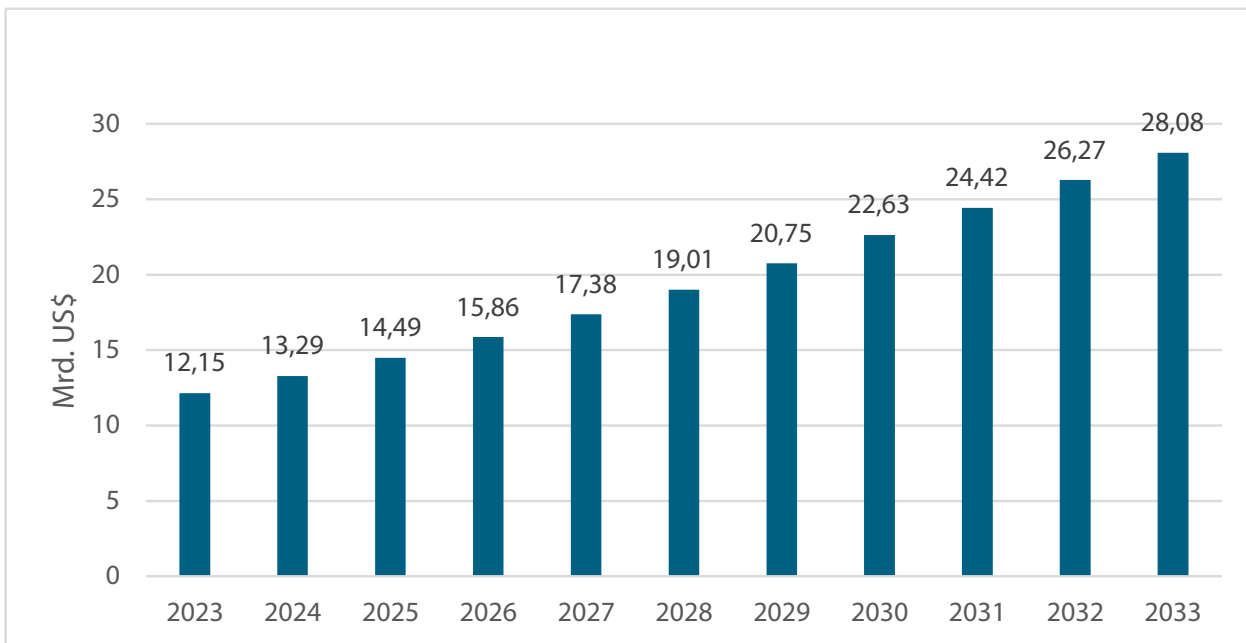


Abbildung 1: Entwicklung des Weltmarkts für natürliche Extrakte 2023-2033, Quelle: Precedence Research (<https://www.precedenceresearch.com/natural-extracts-market>; aufgerufen am 20. Februar 2025)

Dabei teilt sich der Markt ziemlich gleichmäßig auf die Regionen Asien/Pazifik, Europa und Nord Amerika mit LAMEA auf. Europa ist nach wie vor signifikant.

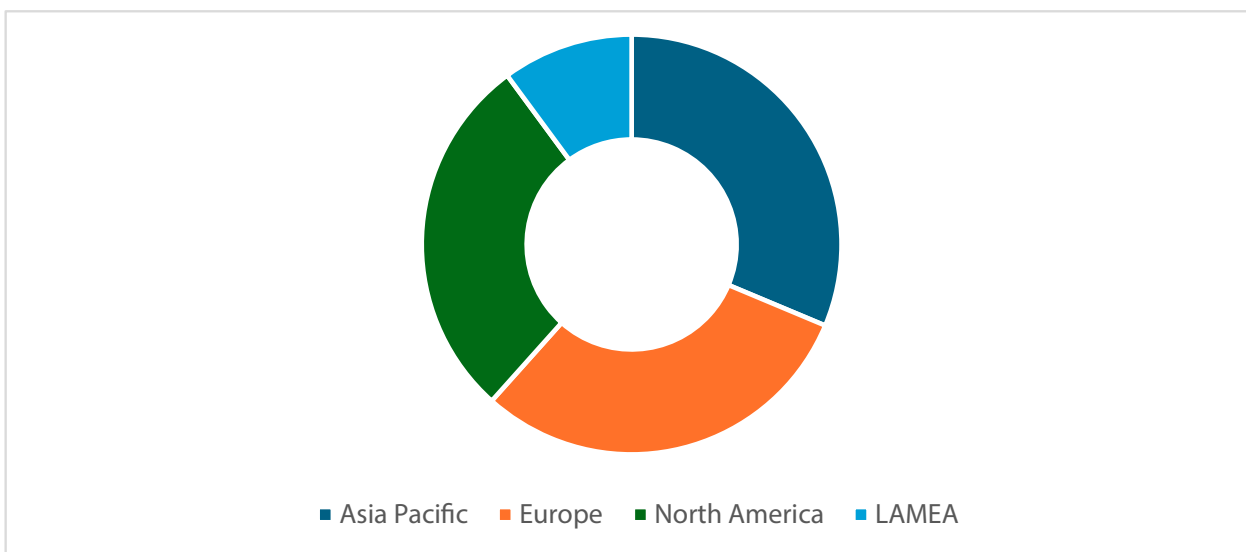


Abbildung 2: Regionale Anteile am Weltmarkt für natürliche Extrakte im Jahr 2023 [%], Quelle: Precedence Research (<https://www.precedenceresearch.com/natural-extracts-market>; aufgerufen am 20. Februar 2025)

Ätherische Öle machen einen Marktanteil von 60% aus:

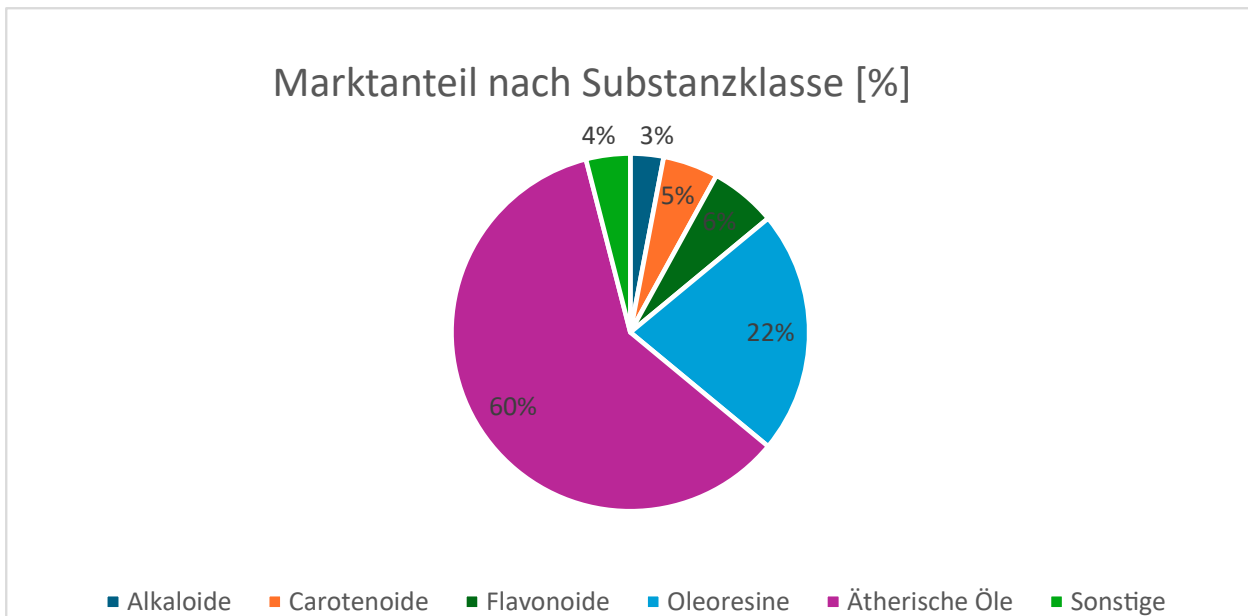


Abbildung 3: Marktanteil nach Substanzklasse 2023 [%]; Quelle: Precedence Research (<https://www.precedenceresearch.com/natural-extracts-market>; aufgerufen am 20. Februar 2025)

Bei der Verteilung auf die einzelnen Branchen dominieren Lebensmittel und Getränke sowie Körperpflege und Kosmetik deutlich:

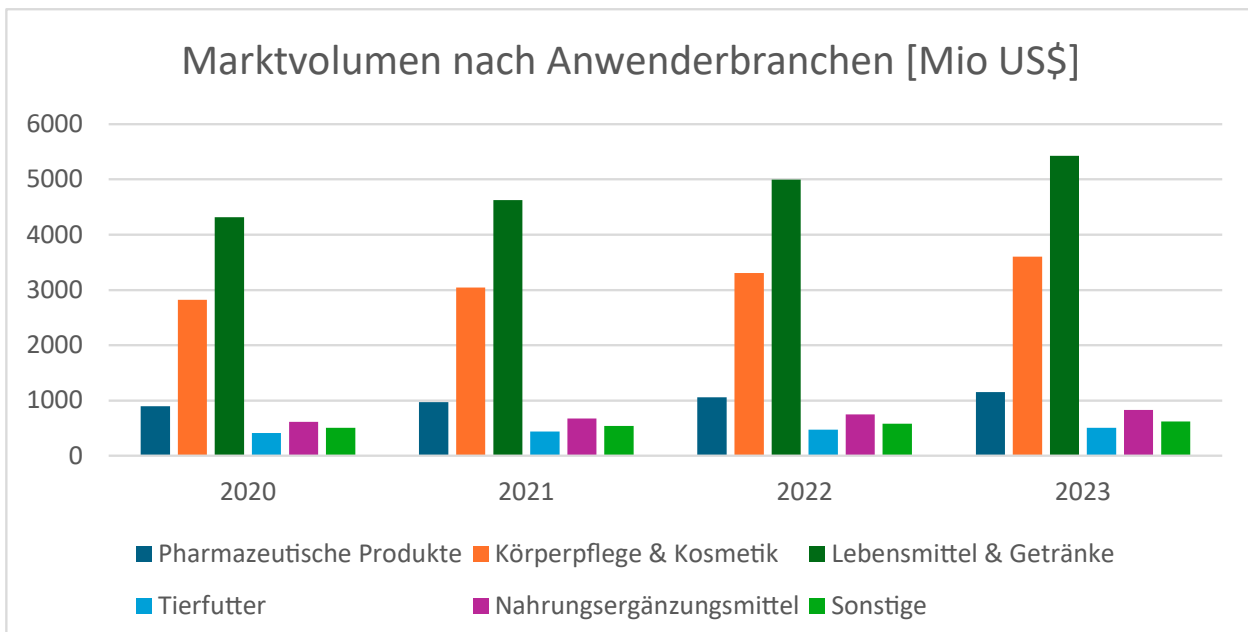


Abbildung 4: Marktvolumen nach Anwenderbranchen in Mio US\$; Quelle: Precedence Research (<https://www.precedenceresearch.com/natural-extracts-market>; aufgerufen am 20. Februar 2025)



3. Struktur der Branche in Deutschland

Die deutsche Naturprodukt-Industrie mit pharmazeutischer Ausrichtung umfasst ca. 1.000 Betriebe, davon 80% KMUs, und ist damit fast vollständig vom Mittelstand geprägt. Dies setzt sich fort über ca. 100 Extraktionsfirmen bis in die ca. 1.000 Anbaubetriebe für Arznei- und Gewürzpflanzen. Sie bewirtschaften mit insgesamt ca. 5.000 Mitarbeitern ca. 10.000 ha, d.h. nur einen Bruchteil der ca. 17 mio. ha landwirtschaftlicher Nutzfläche.¹ Daran sind ökologischer Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland mit 1000 ha und ca. 70 Betrieben beteiligt, wobei ca. 30 Vollzeitbeschäftigte pro 100 ha anzusetzen sind, also ca. 300 in Summe.

Der Sektor umfasst damit in Deutschland schätzungsweise

- ein bestehendes Umsatzvolumen von insgesamt ca. 2,5 Mrd. € im Pharmasektor, ca. 2 Mrd. € im Bereich Kosme-

tik und Düfte, ca. 2 Mrd. € bei den Nahrungsergänzungsmitteln (NEM), ca. 0,1 Mrd. € bei Gewürzen & Aromen, ca. 0,5 Mrd. € bei den Agrochemikalien und ca. 0,5 Mrd. € im Anbau

- mindestens ca. 1.000 Mitarbeiter je ca. 100 Pharma- und NEM-Firmen, ca. 100 Mitarbeiter pro ca. 100 Extraktionsfirmen und ca. 1.000 Mitarbeiter bei ca. 10 Zwischenhändlern sowie ca. 5.000 Mitarbeiter im Anbau der Pflanzen, d.h. insgesamt ca. 120.000 Mitarbeiter.

Unter Berücksichtigung der Zulieferbranche kann also davon ausgegangen werden, dass der Markt ein Volumen von ca. 10 Mrd. € und rund 200.000 Arbeitsplätze umfasst – deutlich mehr als etwa die Stahlbranche in Duisburg und Salzgitter, deren Transformation derzeit viel politische und öffentliche Aufmerksamkeit erregt.

4. Aktuelle Herausforderungen der Branche

Diese gesamte Wertschöpfungskette von Züchtung, Anbau, Ernte, Extraktion und Produktion bis Formulierung ist aktuell von der De-Industrialisierung inklusive Verlust

der Arbeitsplätze bedroht. Der Grund sind unklare, nicht in der EU harmonisierte Regularien, die der Markt ggf. nicht verkräftet.

Relevante Regulatorik

Auf EU-Ebene gibt es mehrere Richtlinien und Gesetze, die den Anbau, die Ernte und die Verarbeitung von **Arzneipflanzen** regeln:

1. Richtlinie 2004/24/EC: Diese regelt die Zulassung traditioneller pflanzlicher Arzneimittel und bietet ein vereinfachtes Registrierungsverfahren für solche Produkte. Sie unterscheidet zwischen pflanzlichen Arzneimitteln und Nahrungsergänzungsmitteln, was zu unterschiedlichen Anforderungen führt.
2. Good Agricultural and Collection Practices (GACP): Diese Standards sind entscheidend für die Qualität und Sicherheit von Arzneipflanzen.

Sie legen fest, wie Pflanzen angebaut, geerntet und verarbeitet werden müssen, um die Wirksamkeit und Konsistenz der Produkte zu gewährleisten.

3. Nachhaltigkeitsrichtlinien: Internationale Abkommen wie die Rio-Konvention über die biologische Vielfalt und CITES fördern nachhaltige Praktiken beim Anbau und der Ernte von Arzneipflanzen, um die Biodiversität zu schützen.

Zusätzlich gibt es jedoch nationale Vorschriften, die je nach Mitgliedstaat variieren und durch gegenseitige Anerkennung innerhalb der EU angewendet werden können. Allerdings erzeugt dies dann erhebliche Wettbewerbsverschiebungen zugunsten der Landesvertreter mit den geringsten Auflagen.

¹ <https://www.umweltbundesamt.de/umweltatlas/umwelt-landwirtschaft/einfuehrung/landwirtschaft-in-deutschland/wie-wird-die-landwirtschaftliche-flaeche-in>

Die EU-Kosmetikverordnung (EC) Nr. 1223/2009 ist die zentrale Regelung für Kosmetikprodukte in der Europäischen Union. Sie legt Anforderungen an Sicherheit, Inhaltsstoffe, Kennzeichnung und Tierversuchsverbote fest. Hersteller müssen sicherstellen, dass ihre Produkte vor dem Verkauf einer wissenschaftlichen Sicherheitsbewertung unterzogen werden. Die Verordnung harmonisiert die Vorschriften innerhalb der EU, sodass Produkte in allen Mitgliedstaaten verkauft werden können. Unterschiede zwischen den Ländern bestehen jedoch in der Durchsetzung und Sanktionierung bei Verstößen. Einige Länder haben zusätzliche Anforderungen, z. B. spezifische Regelungen für Nanomaterialien oder personalisierte Kosmetik. Zudem können nationale Behörden unterschiedliche Interpretationen der EU-Vorschriften haben, was zu Abweichungen führt. Ein zentraler Punkt ist, dass die EU Tierversuche für Kosmetikprodukte verbietet, jedoch können Konflikte mit anderen Regelungen wie vor allem REACH auftreten, die Tierversuche für chemische Sicherheitsbewertungen verlangen, was dann eine Zulassung als Kosmetika wiederum untersagt.

Die EU regelt Agrochemikalien hauptsächlich durch die Verordnung (EG) Nr. 1107/2009, die die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen regelt. Diese Verordnung ersetzt die frühere Richtlinie 91/414/EWG und legt Kriterien für die Genehmigung, Verwendung und Rückstände von

Agrochemikalien fest. Die Verordnung wird durch spezifische Regelungen wie die Verordnung (EU) Nr. 540/2011 ergänzt, die zugelassene Wirkstoffe auflistet. Die Umsetzung dieser EU-Vorschriften variiert zwischen den Mitgliedstaaten, da nationale Behörden für die Überwachung und Durchsetzung zuständig sind. Unterschiede können in der Geschwindigkeit der Genehmigungsverfahren, der Festlegung von Höchstmengen für Rückstände (MRLs) und der Berücksichtigung lokaler Umweltbedingungen auftreten. Einige Länder haben strengere Vorschriften, insbesondere für umstrittene Substanzen wie Neonicotinoide, die in der EU teilweise verboten sind. Zusätzlich beeinflussen internationale Standards und Handelsabkommen die nationale Regulierung, was zu einer Harmonisierung oder Abweichungen führen kann.

Je nach finaler Anwendung von Phytoextrakten können weitere EU- und nationale Verordnungen wie z.B. die Futtermittelverordnung (Verordnung (EG) Nr. 1831/2003), die Biozidverordnung (Verordnung (EU) Nr. 528/2012 bzw. ChemBiozidDV) oder die Düngemittelverordnung (Verordnung (EU) 2019/1009) relevant sein. Auch diese können problematische Anforderungen für komplexe und teils variable Stoffgemische, wie sie häufig bei Phytoextrakten vorliegen, beinhalten.

Die Auswirkungen dieser Regularien sind:

Anbau

- Kostensteigerungen um 70 %, da mechanische statt chemische Pflanzenpflege notwendig ist, um anerkannte und bewährte Herbizide/Fungizide/Pestizide einzusparen

Extraktion und Endproduktverarbeitung:

- keine Gleichbehandlung innerhalb der EU, sondern länderspezifische Unterschiede im Prüfumfang bei Produktneuzulassung
- keine datengetriebenen und risikoanalysebasierten Verbesserungen an der Produktionstechnologie zulässig, damit entgegen dem Bestreben der Betriebe keine Kostenoptimierung bei Energieeinsparung und Treibhausgas-Reduktion möglich

Klassifizierung und Marktzugang

- Selbst die Umwidmung und Vermarktung von Medizinprodukten zu Nahrungsergänzungsmitteln ist prozess-technisch nur bei um einen Faktor von 3-4 niedrigeren Herstellungskosten wirtschaftlich. Dies ist nur mit innovativen Technologien (siehe Seite 6-8) möglich, die jedoch nach Arzneimittelrecht im reguliertem Pharmabereich nicht erlaubt sind. Damit ist die Entwicklung von wettbewerbsfähigen Herstellungsprozessen für den Nahrungsergänzungsmittel-Markt nicht möglich, solange das Produkt der pharmazeutischen Regulierung unterliegt.
- Aufgrund der bestehenden Regularien ist kaum eine wissenschaftliche Beratung durch die Behörden für Nahrungsmittel, Kosmetik und Pharma etabliert

² Aussagen von Experten während des Symposiums.



5. Empfohlene Maßnahmen

Um die Wettbewerbsfähigkeit der Branche zu sichern, wären daher nötig

- eine Gleichbehandlung über alle Mitgliedsstaaten der EU
- eine Förderung technologischer Innovationen, um Treibhausgas-Emissionen in der Herstellung zu minimieren
 - Roboter im Ernte-/Kultivierungseinsatz
 - „Grüne“ Extraktionsverfahren mit Integration von Zucht, Anbau, Ernte und Formulierung
 - Ressourcen- und Energie-effiziente Downstream-Prozesse durch Integration von chemischer Verfahrenstechnik, innovativer Adsorptionsmaterialien und Membrantechnologie
 - Anpassung der spezifischen Datenanforderungen und Methoden, die für eine Registrierung gefordert werden. Die aktuell gültigen Methoden (z.B. OECD) sind größtenteils für Reinstoffe entwickelt worden und können oft nicht ohne weiteres auf komplexe Stoffgemische, wie sie bei Pflanzenextrakten häufig vorkommen, übertragen werden.
 - Risikoanalyse-basierte Vorgehensweisen, wie sie ähnlich bereits bei Biologica als vergleichbar komplexe Stoffsystemgemische etabliert sind. Dort definiert zusätzlich zu den Analytikmethoden auch der Prozess die Produktqualität (FDA/EMA Quality by Design Guideline). Dies schafft die erforderliche Flexibilität auf natürliche Varianzen und ermöglicht ein effizientes Erreichen der Produktqualität.
 - Nutzung von Seitenströmen anderer Branchen im Sinne der Circular Economy
 - Ausbau der Weitergabe von Seitenströmen unter Nutzung von Verwertungs-Innovationen: Biogasanlagen mit stofflicher CO₂-Nutzung; neue ressourceneffiziente Produktionssysteme für hochwertige Nahrungsmittel und Materialien (primäre Konversion durch Insekten, Pilze, Mikroorganismen, Algen) zur weitestgehenden Substitution von Produkten mit fossilem Ursprung
 - Ggf. (Co-)Finanzierung von toxikologischen Studien und auch ggfs. klinischen Studien zum endgültigen Abklären der von den Behörden aufgeworfenen Fragestellungen zu Effizienz, Sicherheit und Unbedenklichkeit. Darauf aufbauend:

- Datengetriebener Dialog mit den Aufsichtsbehörden zur Sicherstellung von IP-Schutz über Verfahrens- und Formulierungspatente, da prinzipiell klinische Studienergebnisse für alle zugänglich sind.

Falls die etablierten Indikationen von Herbal Medicinal Product aufgrund neuerer Wirksamkeitsstudien nicht oder nicht mehr in einem ausreichenden Ausmaß gehalten werden können, dann kann unter Definition von neuen Claims im Bereich Lebensmittel der Übergang auf Nahrungsergänzungsmittel erfolgen. Dabei ist mit einem Umsatzeinbruch um den Faktor 3-4 zu rechnen.³

Hier müssten wiederum optimierte innovative Verfahren zur Herstellung stoffspezifisch entwickelt sowie eingesetzt werden, um wirtschaftlich attraktiv zu sein; dies ist jedoch kaum möglich, solange das Produkt der pharmazeutischen Regulierung unterliegt (s.o.). Für die industrielle Skalierung wäre eine Förderung der neuen innovativen Produktionsanlagen notwendig.

³ Aussagen von Experten während des Symposions.

6. Roadmap 2034: Stand der Technik

Um Forschenden, Technologieentwicklern, Anwendern, aber auch politischen Entscheidungsträgern Entscheidungsgrundlagen für die weitere Entwicklung zu geben, hat die DECHEMA/VDI-Fachgruppe Phytoextrakte den aktuellen Stand der Technik sowie die erwarteten und notwendigen Entwicklungen in einer aktuellen Roadmap zusammengestellt.

Die letzte Roadmap der Fachgruppe wurde 2015 veröffentlicht. Die Aufgaben und Ziele dieser Roadmap konnten in den letzten Jahren erfolgreich bearbeitet und abgeschlossen werden.



Deshalb hat die DECHEMA/VDI-Fachgruppe Phytoextrakte auf einem Strategie-Symposium in Tutzing im November 2024 mit Expertinnen und Experten aus Forschung und Industrie die aktuellen Herausforderungen und Technologieoptionen für die Weiterentwicklung der Branche diskutiert. Auf der Grundlage dieser Diskussionen wurde eine aktualisierte Roadmap entwickelt, die außerdem eine dynamische Reaktion auf die neuen Weltmarkt- und Regulatorien-Anforderungen ermöglicht.

Daraus sind in den drei Themenbereichen

1. Industrielle Umsetzung (industrialisation)
2. Wertschöpfung aus Nebenkomponenten (side component valorisation)
3. Technologische Innovation (technology innovation)

konkrete Projektskizzen für die Roadmap 2034 entstanden, die im Folgenden zusammengefasst sind.

7. Roadmap 2034 – Zukünftige Entwicklung

7.1 Industrielle Umsetzung

	2024	2026	2028	2030	2032	2034
Innovative Züchtungsmethoden	<ul style="list-style-type: none"> • Integrierte landwirtschaftliche Systeme • Entwicklung neuer Pflanzensorten • Aufklärung über und Akzeptanz von modernen Züchtungsmethoden • Bevorzugung von hochwertigen Produkten in der Landwirtschaft 	Fördermaßnahmen (Fördermittel, öffentliche Förderung und privatwirtschaftliche Investitionen)	<ul style="list-style-type: none"> • Langfristige finanzielle Sicherheit • Technologische Entwicklung 			Zunehmender Anbau von Medizinal- und Aromapflanzen in Westeuropa, um Effekte des Klimawandels auszugleichen
Anbau Ernte	<ul style="list-style-type: none"> • Definition von Bedarfen und Limitierungen anhand der Endprodukte • Pflanzen als Quelle für chemische Substanzen 	<ul style="list-style-type: none"> • Roboter zur Unkrautbekämpfung innerhalb der nächsten 5 Jahre, um 70%ige Kostensteigerung zu vermeiden • Technische Lösungen von der Saat bis zur Ernte als Alternative zu manueller Arbeit, keine Großmaschinen für die Kulturen für chemische Rohstoffe 	<ul style="list-style-type: none"> • Forschung an Inhaltsstoffen • Neue Pflanzen für neue Produkte • Neue Methoden zur Proteinextraktion und -aufreinigung 	<ul style="list-style-type: none"> • Ersatz fossiler durch pflanzliche Ressourcen • Wettbewerbsfähige Preise für nachhaltiges Pflanzen-Rohmaterial 		Förderung mit definierter Abnahme über die Zeit, um die Translation von Innovationen in die Industrie zu unterstützen
Interdisziplinäre Vernetzung Plattform zum Wissensaustausch	<ul style="list-style-type: none"> • Durch DECHEMA organisierte Weiterbildungen • Förderung für F&E-aktivitäten an Universitäten, um Prozess- und Apparateeffizienz zu steigern 	Stärkung der Kommunikation entlang der Wertschöpfungskette -> Einrichtung von Feedback- und Wissensplattformen (online)	<ul style="list-style-type: none"> • Mehr Austausch über Sektorgrenzen hinweg • Machbar- und Wettbewerbsfähigkeitsstudien zu F&E-Themen in einem früheren Stadium 	Austausch über Best-Case-Beispiele und Technologien, Europäische Prozessintensivierung	Gemeinsame Aktivitäten beim Upscaling von Entwicklungen unter Einbeziehung von chemischer und Bio-Verfahrenstechnik	Austausch über Sektorgrenzen hinweg
Pilotierung und Scale-up Technologie	<ul style="list-style-type: none"> • Adsorption, Desorption • Kavitationstechniken (Extraction, Emulgierung, Dispersion, Sonokristallisation) • Lösungsmittelfreie Methoden 	<ul style="list-style-type: none"> • Kosteneffizienz • Business Cases • Cross-sektorale Lösungen z.B. für Ernte und Verarbeitung 	Methodenbaukasten für Downstream-Prozesse einschließlich Membrantechnologie	<ul style="list-style-type: none"> • Gesetzliches Rahmenwerk • Zeitnahe Genehmigung • Unterstützung beim Markteintritt / Subventionen 		Kofinanzierung von Investitionen in innovative Produktionstechnologie

	2024	2026	2028	2030	2032	2034
Regulatorik	Einheitliche EU-Regulatorik auf Basis von datengetriebenen Risikoanalysen	<ul style="list-style-type: none"> • Vereinfachung bei der regulatorischen Umsetzung • Überarbeitung von Gesetzen zugunsten eines verantwortungsvollen Umgangs mit Risiken 	Lösung der regulatorischen Fragen innerhalb der nächsten drei Jahre, um Risiko einer Deindustrialisierung der EU zu vermeiden	<ul style="list-style-type: none"> • Einheitliche Regulatorik für Lebensmittel in der EU • Besserer Schutz für IP bei schrittweisen Innovationen • "Beweislast" von Antragstellern auf Behörden verlagern 		<ul style="list-style-type: none"> • Definition der regulatorischen Qualität • Datenbasierter Risiko-Ansatz
Produktion Prozesstechnik	<ul style="list-style-type: none"> • Risikomanagement • Rohstoffe • Produktionsprozesse • Behördliche Zulassung • Markt 	<ul style="list-style-type: none"> • Prozessintegration • Extraktion und Formulierung • Robustere Technologie/ IT 			<ul style="list-style-type: none"> • Pflanzen für die Produktion • Scale-up • Standardisierung • Kommunikation zwischen Vertragspartnern • Systemintegration 	Automation von „critical process attributes“ über die Zucht und Ernte bis zur Extraktion und Downstream-Processing inklusive Datenintegration

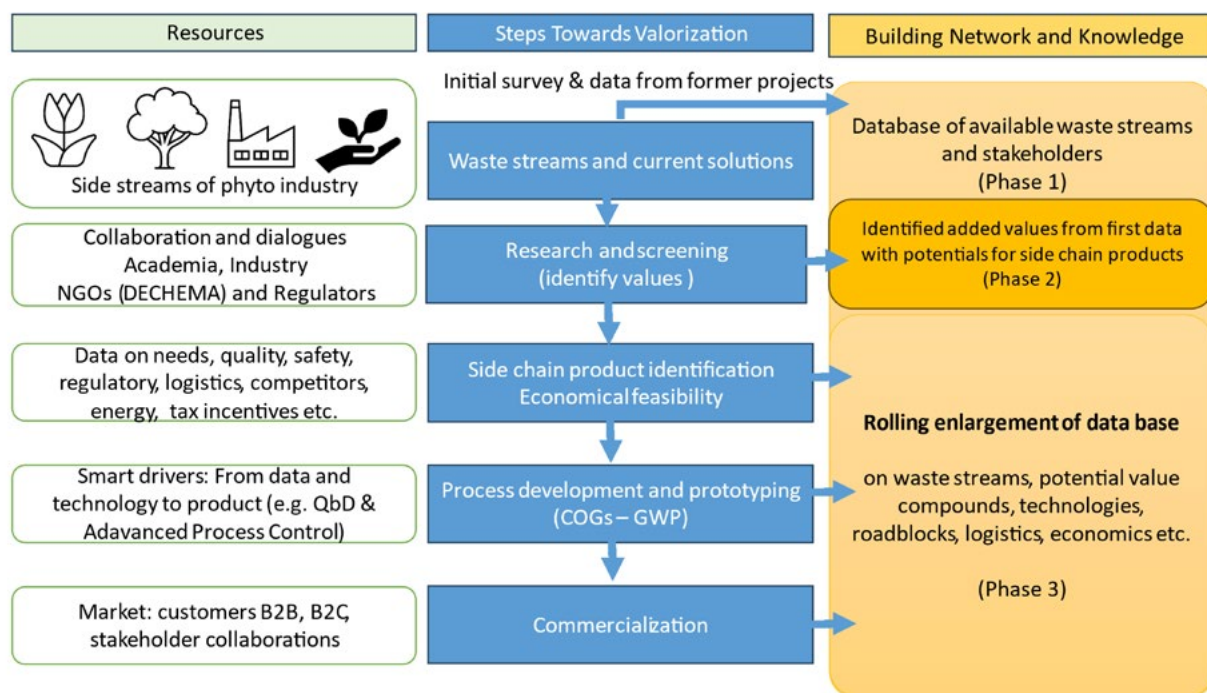
Die weitere Industrialisierung von Phytoextrakten erfordert Aktivitäten entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Dazu gehören nicht nur technologische Entwicklungen; auch die Förderung gesellschaftlicher Akzeptanz, eine angemessene öffentliche und private Finanzierung und der Abbau von regulatorischen Hürden sind für die erfolgreiche Umsetzung neuer Techniken und Methoden unerlässlich.

Insbesondere sollten die Möglichkeiten neuer Züchtungsmethoden genutzt werden, um die Erträge zu steigern und/oder bisher wenig genutzte Pflanzeninhaltsstoffe auf den Markt zu bringen. Dies muss mit Gesetzesänderungen einhergehen, die den Einsatz neuer genomischer Methoden ermöglichen, sowie mit Kampagnen zur Sensibilisierung der Öffentlichkeit und zur Erhöhung der Akzeptanz.

Im Bereich des Anbaus und der Ernte werden neue Technologien mit Schwerpunkt auf Automatisierung und Digitalisierung dazu beitragen, die Kosten zu senken und die Effizienz zu steigern. Das Gleiche gilt für die Vorverarbeitung der Biomasse und innovative Extraktionstechnologien. Sie müssen entwickelt und in den industriellen Maßstab gebracht werden, wofür angemessene und erschwingliche Demonstrations- und Pilotanlagen erforderlich sind.

Um die aktuellen Herausforderungen zu bewältigen, sind die Entwicklung von automatisierten Unkrautbekämpfungs- und Anbaumöglichkeiten innerhalb der nächsten fünf Jahre und die Lösung der oben genannten regulatorischen Herausforderungen innerhalb eines Zeitrahmens von drei Jahren entscheidende Meilensteine.

7.2 Wertschöpfung aus Nebenströmen



	2024	2026	2028	2030	2032	2034
Datenbasis	Netzwerkbildung: Koordination zwischen DECHEMA-Gremien	Auftaktanalyse der industriellen Landschaft				Kontinuierliche Datenbank-Entwicklung
Identifikation werthaltiger Produkte aus Nebenströmen			<ul style="list-style-type: none"> • Target-Identifizierung (Screening) • Qualitative Analyse der Nebenströme 	<ul style="list-style-type: none"> • Wirtschaftliche Machbarkeit • Studien und Marktanalyse 		
Prozessentwicklung und Prototyping					Verfügbare und innovative Technologien	Scale up und Scale down / Proof of Concept (GoGs & Global Warming Potential)
Kommerzialisierung					Interdisziplinäres Projekt zu einfachem Zugang und Logistik	Proof of Concept

Als Strategie zur Identifizierung lukrativer Nebenströme werden ab 2026 bis 2028 mehrere experimentelle Studien auf TRL 3 bis 5 durchgeführt, in denen für einen jeweils definierten Zielstoff (z. B. Nahrungsproteine; Aromastoff; Hydrokolloid) das Nutzungspotenzial biologisch ähnlicher und verschiedenartiger Nebenströme verglichen wird. In einer zweiten Phase wird ab 2028 bis 2030 das Nutzungs-

potenzial des jeweiligen Nebenstroms unter Einbeziehung weiterer Zielstoffe bewertet. In den Studien werden die anwendungsbezogene Qualität der Zielstoffe, die Produktionskosten und die Umweltwirkungen ermittelt. Bis 2032 werden verschiedene Varianten der großtechnischen Umsetzung geprüft. Zu den als ökonomisch tragfähigen Konzepten erfolgt anschließend das Up-Scaling.

7.3 Technologische Innovation

Topic	2024	2026	2028	2030	2032	2034
Anforderungen/ notwendige Schritte				Digitalisierung abgeschlossen ("Papier-frei")		
Automatisierung		Ersatz alter Systeme, für die der Support eingestellt wird		Digitale Zwillinge sind allgemein etabliert		Einsatz vollautomatischer Systeme und Prozesse weit verbreitet
Marktanforderungen				Klimaziele 2030	Joint activities in scaling up development including chemical engineering and bioprocessing	Signifikanter Beitrag zum Green Deal und Klimazielen
Regulatorische Anforderungen	Aufruf zur Gründung eines Think Tanks aus Regulatoren, Industrie und Akademia für eine grüne, nachhaltige und klimaneutrale Zukunft	Organisationsstruktur etabliert – erste Meetings	Gemeinsames Strategiepapier mit gemeinsamen Zielen und notwendigen Schritten			Bessere Zulassungssituation durch auf Phytoextrakte angepasste Regulatorik
Industrielle Adaption / Anwendung						Ein signifikanter Teil der Prozesslandschaft basiert auf innovativen Technologien, um eine grüne nachhaltige Zukunft zu erreichen
Forschung und Wissenstransfer		Wissenstransfer zu neuen innovativen Technologien				

Die Durchführung und Umsetzung des der Roadmap hängt stark von der laufenden Diskussion innerhalb der Fachwelt und darüber hinaus ab. Die Einrichtung eines kontinuierlichen „Think Tank“, der Experten aus Wissenschaft und Industrie mit Vertretern von Regulierungsbehörden zusammenbringt, ist ein wichtiger Schritt, um eine gemeinsame Vision eines angemessenen Rechtsrahmens zu entwickeln. Dies ist eine Voraussetzung für die industrielle Einführung neuer Verfahren und Technologien und letztlich für den erforderlichen Beitrag zur

Erreichung der europäischen Klimaziele innerhalb des nächsten Jahrzehnts.

Die DECHEMA/VDI-Arbeitsgruppe „Phytoextrakte“ wird diesen Prozess begleiten und ermöglichen. Sie hat alle Teilnehmer des Tutzing Symposiums gebeten, weiterhin gemeinsam an der Umsetzung dieser Roadmap zu arbeiten und weitere Gruppen für eine Teilnahme zu gewinnen.



8. Impressum

HERAUSGEGEBEN VON



DECHEMA

Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.

Theodor-Heuss-Allee 25
60486 Frankfurt am Main

Telefon (069) 75 64-0
info@dechema.de
www.dechema.de

VERANTWORTLICH IM SINNE DES MEDIENRECHTS

DECHEMA e.V.

Dr. Kathrin Rübberdt
Theodor-Heuss-Allee 25
60486 Frankfurt am Main

Veröffentlicht im Juni 2025

Diese Publikation wurde von Experten des DECHEMA/VDI-Arbeitskreises Phytoextrakte mit Beiträgen von Teilnehmern des Tutzinger Symposions 2024 verfasst.

Die Fachgruppe „Phytoextrakte“ befasst sich mit der Gewinnung von Wertstoffen aus Pflanzen. Neben dieser Quelle für die entsprechenden Wertstoffe gibt es auch fermentative Verfahren, sei es von Pflanzenzellen oder Mikroorganismen, die den Zugang zu entsprechenden Produkten ermöglichen. Dies ist nicht Inhalt dieser Roadmap.



Herzlichen Dank allen Teilnehmenden des Tutzing-Symposions für ihre wertvollen Beiträge!



DECHEMA Gesellschaft für Chemische
Technik und Biotechnologie e.V.
Theodor-Heuss-Allee 25
60486 Frankfurt am Main

Telefon (069) 75 64-0
info@dechema.de
www.dechema.de