BIOECONOMY AUSTRIA

Endbericht
2026



Statuserfassung und Potentialanalyse der Bioökonomie in Tirol

Mit Unterstützung von Bund, Ländern und Europäischer Union

Bundesministerium
Land- und Forstwirtschaft,
Klima- und Umweltschutz,
Regionen und Wasserwirtschaft

WIR leben Land
Gemeinsame Agrarpolitik Österreich

Kofinanziert von der
Europäischen Union

Tirol
STANDORTAGENTUR TIROL

universität innsbruck
Unit of
Environmental Engineering

Statuserfassung und Potentialanalyse der Bioökonomie in Tirol

Endbericht

Datum	Version
18.11.2026	3

Autor: innen:

Anke Bockreis

Christian Ebner

Thomas Lichtmannegger

Chiara Schultheis

Marco Wehner

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis 4

Tabellenverzeichnis 5

1 Zusammenfassung 6

2 Aufgabenstellung und Methodik 8

2.1 Begriffsverständnis und Abgrenzung 8

2.2 Untersuchungsumfang der Studie 9

2.3 Methodisches Vorgehen und Datengrundlage 10

3 Die europäische Bioökonomie-Strategie und deren nationale und regionale Umsetzung 10

3.1 Umsetzung der Bioökonomie-Strategie in Österreich 12

3.2 Tiroler Strategien mit Bezug zur Bioökonomie 14

4 Stakeholder-Analyse 15

4.1 Akteurslandschaft der Tiroler Bioökonomie 15

4.2 Leuchttürme der Tiroler Bioökonomie 16

5 Projekt- und Förderlandschaft der Bioökonomie 18

6 Relevante Stoff- und Produktströme 19

6.1 Organische Abfälle 20

6.1.1 Detailbetrachtung holzartige Abfälle 21

6.1.2 Detailbetrachtung getrennt gesammelte Bioabfälle 22

6.1.3 Detailbetrachtung Klärschlamm 24

6.1.4 Detailbetrachtung Fettabscheiderinhalte und Altspeisefette 26

6.1.5 Detailbetrachtung Kaffeetrester 27

6.1.6 Detailbetrachtung Tierische Nebenprodukte (Schlachtabfälle, Kadaver) 30

6.1.7 Detailbetrachtung von Nebenprodukten aus der Industrie 32

6.2 Stoffströme der Forst- und Holzwirtschaft 34

6.3 Reststoffe der Landwirtschaft in Tirol 40

6.3.1 Wirtschaftsdünger 40
6.3.2 Grünland und Grasbiomasse 42
6.3.3 Reststoffe aus dem Gemüseanbau 44
6.3.4 Reststoffe aus dem Getreideanbau 45
6.3.5 Reststoffe aus der Milchverarbeitung 47
6.3.6 Reststoffe aus der Obstverarbeitung 47
6.3.7 Schafwolle 49
7 Bestandsaufnahme Bioökonomie in Tirol 51
7.1 Wirtschaftliche Bedeutung 51
7.2 Bestehende Wertschöpfungsketten 52
7.3 Ergebnisse der Unternehmensbefragung 54
7.4 Lücken in den Wertschöpfungsketten 56
8 Identifizierung und Ableitung von Vorschlägen für relevante Handlungsfelder 57
8.1 Wertschöpfungstiefe der Holzwirtschaft erhöhen 57
8.2 Wirtschaftsdünger energetisch erschließen 59
8.3 Vernetzung der Betriebe und Wissen über biobasierte Alternativen 59
8.4 Verfahrensweg der Phosphorrückgewinnung festlegen 60
8.5 Vergärungskapazität für biogene Abfälle ausbauen und Substratqualität sichern 61
8.6 Naturfasern: Verarbeitung im Land halten, Anwendungen entwickeln 61
8.7 Zusammenführung und Priorisierung 62
9 Literaturverzeichnis 63
i. Anhang– Workshop Bioökonomie in Tirol und Ergebnisse der Thementische 69
ii. Anhang– Bearbeitung der Handlungsfelder an den Thementischen 69
iii. Anhang– Ergebnisse der Thementische 73

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vereinfachte Struktur einer bio-basierten Wertschöpfungskette mit ihren Hauptkomponenten. Deutsche Übersetzung von Abb. 4.1 in: Vargas-Carpintero and Schlecht (2026). 9
Abbildung 2: Relevante Stoff- und Produktströme in Tirol. Daten: Statistik Austria (2025); BMLUK (2025); Wasser Tirol et al. (2022). 20
Abbildung 3: Jährliche Mengen an Bioabfällen in Tirol. Daten: Statistik Austria (2025); BMLUK (2025); Wasser Tirol et al. (2022). 20
Abbildung 4: Jährliche Mengen an holzartigen Abfällen in Tirol (Wasser Tirol et al., 2022). 21
Abbildung 5: Behandlung der getrennt gesammelten Bioabfälle in Tirol. Datengrundlage: Hupfauf (2026). . 23
Abbildung 6: Holzflussbild für Tirol. Dargestellt sind Holzströme nach, in und aus Tirol. Werte sind in tausend Festmeter angegeben. Bezugsjahr 2022 (proHolz Tirol, 2026) 39
Abbildung 7: Reststoffe aus der Tiroler Landwirtschaft (Daten: Statistik Austria (2026e)). 40

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Tiroler Strategien mit Bezug zur Bioökonomie und Anschluss an die Handlungsfelder 15
Tabelle 2: Kennzahlen zu Projekten und Initiativen der Bioökonomie 19
Tabelle 3: Mengen an tierischen Nebenprodukten in Tirol 2025 und deren Verarbeitung. Daten: Liening-Ewert (2026). 32
Tabelle 4: Detailbetrachtung von Nebenprodukten aus der Industrie. 33

1 Zusammenfassung

Für Tirol lag bislang kein ganzheitlicher Überblick über die gegenwärtige Situation und das vorhandene Potenzial der Bioökonomie vor. Die Standortagentur Tirol beauftragte daher den Arbeitsbereich Umwelttechnik der Universität Innsbruck, den Status zu erfassen und daraus Handlungsfelder für Umsetzungsprojekte abzuleiten. Grundlage sind eine Stakeholder- und Projekterhebung, eine Analyse der relevanten biogenen Stoffströme, eine Unternehmensbefragung der Standortagentur Tirol sowie ein Workshop zur Validierung der Ergebnisse.

Die Tiroler Bioökonomie erzielte 2023 einen Umsatz von 9,33 Mrd. € und beschäftigte 32.114 Personen in 3.768 Unternehmen (Bioeconomy Austria, 2026b); das entspricht 11,8 % des Tiroler Gesamtumsatzes. Prägend ist die Holzwirtschaft mit 2.954 Mio. € und einem Anteil von 31,7 % am Bioökonomie-Umsatz, dem 3,4-Fachen des österreichischen Vergleichswerts. Im Rahmen der Studie wurden 79 für die Tiroler Bioökonomie maßgebliche Organisationen, 88 Projekte und 60 Förderprogramme identifiziert, die alle Phasen des Innovationsprozesses abdecken.

Die Tiroler Bioökonomie verfügt zwar über eine breite Rohstoffbasis und eine wirtschaftlich bedeutende Erstverarbeitung, jedoch gehen in einigen Bereichen durch fehlende Veredelungsstufen im Land Wertschöpfungspotenziale verloren. Dieses Muster zeigt sich bei einigen der untersuchten Stoffströme: Der Rohstoff sowie die Erfassung und die Erstverarbeitung finden in Tirol statt, die anschließende Veredelung und die Endproduktstufe hingegen liegen außerhalb. Begrenzend wirken dabei nicht die technische Machbarkeit, sondern Mindestmengen, Logistik, Wirtschaftlichkeit und Regulierung. Aus diesem Befund leiten sich sechs Handlungsfelder ab.

Die Ursachen der fehlenden Folgestufen unterscheiden sich und bestimmen die jeweils sachgerechte Maßnahme. Die in diesem Zusammenhang von der Standortagentur Tirol durchgeführte Unternehmensbefragung nannte folgende Hintergründe: Zu hohe Kosten (67 %) und regulatorische Hemmnisse (40 %) stehen deutlich vor fehlender Technologiereife und mangelndem Know-how (je 20 %). Auch der genannte Förderbedarf verweist angesichts von 60 verfügbaren Programmen weniger auf ein fehlendes Angebot als auf Bekanntheit, Zugänglichkeit und Passung für kleinere Betriebe.

Abgeleitet wurden sechs Handlungsfelder, hier in der Reihenfolge des Kapitels 8 mit ihrer jeweiligen Einordnung:

1. **Wertschöpfungstiefe der Holzwirtschaft erhöhen –** größtes absolutes Wirkungspotenzial; nachfrageseitig kurzfristig wirksam, die Anpassung der Verarbeitungsstruktur an höhere Laubholzanteile langfristig

2. Wirtschaftsdünger energetisch erschließen – größtes unerschlossenes Potenzial; mittelfristiger Umsetzungshorizont über gemeinschaftliche Biogasanlagen

3. Vernetzung der Betriebe und Wissen über biobasierte Alternativen – Querschnittsaufgabe; ohne wesentlichen Vorlauf umsetzbar, da die Trägerstrukturen bestehen

4. Verfahrensweg der Phosphorrückgewinnung festlegen – engstes Zeitfenster; die Anlagenentscheidungen stehen an und sind über die Betriebsdauer bindend

5. Vergärungskapazität für biogene Abfälle ausbauen und Substratqualität sichern – höchste Umsetzungsreife; gemeinsam mit Handlungsfeld 2 zu planen

6. Naturfasern: Verarbeitung im Land halten, Anwendungen entwickeln – langfristig angelegt; Anwendungsentwicklung geht der Verarbeitungskapazität voraus

Die zeitliche Priorisierung folgt der Dringlichkeit und den Abhängigkeiten zwischen den Handlungsfeldern. Vorzuziehen ist die Entscheidung über den Verfahrensweg der Phosphorrückgewinnung, verbunden mit der Einbindung Tirols in die einschlägigen überregionalen Formate, um eine gemeinsame Aufbereitungslösung als Option offenzuhalten. Gemeinsam zu planen sind die Erschließung der Wirtschaftsdünger und der Ausbau der Vergärungskapazität, da sie dieselbe Technologie betreffen und die energiereichen Abfallsubstrate gemeinschaftliche Anlagen wirtschaftlich tragfähig machen; vorgelagert sind Störstoffreduktion und Erhöhung des Erfassungsgrads, da Auslegung und Wirtschaftlichkeit unmittelbar von Menge und Qualität des Substrats abhängen. Unmittelbar aufnehmen lässt sich die Vernetzung der Betriebe über die bestehenden Cluster- und Netzwerkstrukturen. Für Holzwirtschaft und Naturfasern ist der nächste Schritt die Konkretisierung der Instrumente, nicht bereits deren Umsetzung. Entscheidend ist in allen Feldern nicht die technische Machbarkeit, sondern die Frage, unter welchen wirtschaftlichen und regulatorischen Bedingungen die fehlenden Verarbeitungsstufen tragfähig werden.

2 Aufgabenstellung und Methodik

Die Standortagentur Tirol ist Partnerin der Österreichischen Plattform für Bioökonomie „Bioeconomy Austria“ in der Arbeitsperiode 2025–2028, die von Bund, Ländern und Europäischer Union im Rahmen des GAP-Strategieplans Österreich 2023–2027 gefördert wird. In diesem Rahmen wurde die vorliegende Studie beauftragt.

Bislang lag für Tirol kein ganzheitlicher Überblick über den Status der Tiroler Bioökonomie und die vorhandenen Potenziale vor. Verfügbar waren einzelne branchenspezifische Einblicke, etwa in die Wertschöpfungskette Forst–Holz, in die Hanfverwertung, in die landwirtschaftliche Urproduktion sowie in die Bewirtschaftung biogener Abfälle. Eine Zusammenschau, die wirtschaftliche Bedeutung, Akteurslandschaft, Materialströme und Kennzahlen verbindet und daraus Lücken und Bedarfe ableitet, fehlte jedoch. Vor diesem Hintergrund beauftragte die Standortagentur Tirol den Arbeitsbereich Umwelttechnik der Universität Innsbruck mit der Studie „Statuserfassung und Potentialanalyse der Bioökonomie in Tirol“. Das Ziel besteht darin, den Status der Bioökonomie in Tirol zu erfassen und daraus konkrete Handlungsfelder für Umsetzungsprojekte und Initiativen abzuleiten. Dies ist die Grundlage, um den Beitrag der Bioökonomie zur Defossilisierung, zur Verringerung von Abhängigkeiten und zur regionalen Wertschöpfung gezielt aufzuzeigen und nutzbar zu machen.

2.1 Begriffsverständnis und Abgrenzung

Die Studie folgt der Definition des Fact Sheets Bioökonomie (BMK, 2025). Danach zielt die Bioökonomie auf eine nachhaltige, kreislauforientierte Wirtschaftsweise innerhalb der planetaren Grenzen ab, bei der der Primärressourcenverbrauch reduziert und die fossile Rohstoffbasis auf nachwachsende Rohstoffe umgestellt wird. Sie umfasst sowohl die nachhaltige Bereitstellung dieser Rohstoffe aus Land- und Forstwirtschaft, Aquakultur sowie Wasser- und Abfallwirtschaft als auch deren Nutzung für Lebens- und Futtermittel, Materialien und Energie, wobei stets die ressourcenschonendste Verwertung zu wählen ist. Abbildung 1 zeigt eine schematische Darstellung einer biobasierten Wertschöpfungskette.

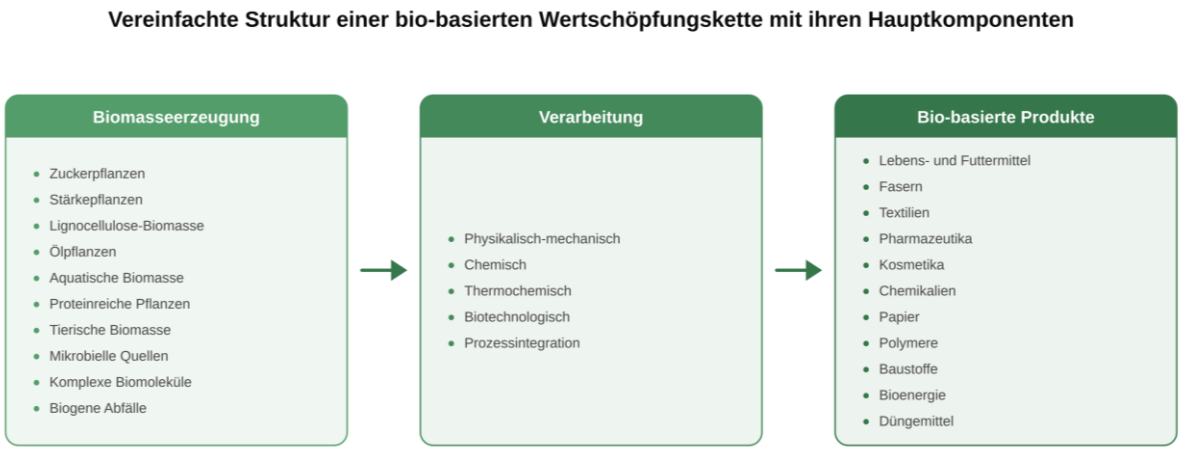


Abbildung 1: Vereinfachte Struktur einer bio-basierten Wertschöpfungskette mit ihren Hauptkomponenten. Deutsche Übersetzung von Abb. 4.1 in: Vargas-Carpintero and Schlecht (2026).

Aus dieser Definition ergibt sich die Schwerpunktsetzung der Studie: Betrachtet wird vorrangig die stoffliche Verwertung im Sinne der Kreislaufwirtschaft, die energetische Verwertung nachrangig im Rahmen der Kaskadennutzung. Räumlich bezieht sich die Studie auf das Bundesland Tirol. Eine vertiefte Betrachtung der Bezirke Kufstein und Kitzbühel war in dem ursprünglich vorgesehenen Detailgrad nicht möglich, da die relevanten Stoffstrom- und Wirtschaftsdaten überwiegend auf Landesebene vorliegen. Die identifizierten Handlungsfelder sind jedoch so angelegt, dass sie auf Bezirks- und Regionsebene umgesetzt werden können. Berücksichtigt werden zudem die europäischen, österreichischen und Tiroler Strategien zu Bioökonomie, Kreislaufwirtschaft, Klimaschutz und Innovation.

2.2 Untersuchungsumfang der Studie

Die Studie umfasst sechs aufeinander aufbauende Arbeitsbereiche:

- eine **Stakeholder-Analyse** der Tiroler Bioökonomie einschließlich Kompetenzenprofilen besonders relevanter Akteur:innen,
- die Erhebung von **Initiativen und Projekten** mit Bioökonomiebezug in Tirol,
- die Recherche von **F&E-Förderprojekten** in Landes-, Bundes- und EU-Programmen mit Tirol-Bezug,
- die Beschreibung der relevanten **Stoff- und Produktströme** einschließlich Mengenangaben,
- die **Bestandsaufnahme der Bioökonomie in Tirol** mit Lücken und Ausbaupotenzialen bestehender Wertschöpfungsketten sowie
- die Ableitung von Vorschlägen für relevante **Handlungsfelder**, Modellkreisläufe und Nutzungskaskaden.

2.3 Methodisches Vorgehen und Datengrundlage

Stakeholder, Initiativen und Förderprojekte wurden mittels Desk Research erhoben und jeweils in einer Datenbank zusammengeführt. Die Stoff- und Produktströme wurden aus offiziellen Statistiken, Branchenquellen, Abfallwirtschaftsberichten sowie Unternehmens- und Anlagenbetreiberdaten abgeleitet. Ergänzend stellte die Standortagentur Tirol die Ergebnisse einer eigenen Unternehmensbefragung zur Verfügung (Kapitel 7.3); die vorgeschlagenen Handlungsfelder wurden abschließend in einem gemeinsamen Workshop validiert und priorisiert.

Bei den wirtschaftlichen Kennzahlen ist zu beachten, dass die verfügbaren Quellen unterschiedliche Abgrenzungen und Bezugsjahre verwenden. Güterbasierte Ansätze wie der von BioBASE weisen Umsätze aus und rechnen je Branche nur den tatsächlich biobasierten Anteil zu. Sektorbasierte Ansätze wie die Studie von (econmove, 2025) erfassen dagegen die Bruttowertschöpfung ganzer Wirtschaftszweige. Die Werte der einzelnen Quellen sind daher nicht untereinander vergleichbar. Die jeweils verwendeten Quelle- und Bezugsgrößen sind an den entsprechenden Stellen ausgewiesen.

3 Die europäische Bioökonomie-Strategie und deren nationale und regionale Umsetzung

Die am 27. November 2025 aktualisierte EU-Bioökonomie-Strategie (COM (2025) 960 final) definiert den Rahmen für eine wettbewerbsfähige und nachhaltige Wirtschaft bis zum Zieljahr 2040 (Europäische Kommission, 2025). Sie fungiert als Erweiterung der Vorläuferstrategien und reagiert auf neue geopolitische sowie ökonomische Anforderungen hinsichtlich Resilienz und Dekarbonisierung. Die Strategie umfasst Tätigkeiten zur Schaffung von Mehrwert auf Basis biologischer Ressourcen, was Sektoren von der Primärproduktion (Land- und Forstwirtschaft, Fischerei) bis hin zu biotechnologischen Verarbeitungs- und Konversionspfaden einschließt. Die Umsetzung stützt sich auf die folgenden vier zentralen Säulen.

Die erste Säule betrifft die Skalierung von Innovationen und Investitionen und adressiert insbesondere das sogenannte „Valley of Death“, also die Finanzierungs- und Regulierungslücke zwischen Forschungsergebnissen und industrieller Anwendung. Vorgesehen sind neue Biotech-Rechtsakte, die administrative Hürden abbauen und Zulassungsverfahren für biobasierte Lösungen vereinfachen sollen, insbesondere im Bereich der Fermentation und mikrobieller Anwendungen, sowie Reallabore zur Erprobung neuer Technologien unter praxisnahen Bedingungen. Auf der Finanzierungsseite soll das Budget für die Bioökonomie im Mehrjährigen Finanzrahmen 2028–2034 innerhalb des Europäischen Fonds für Wettbewerbsfähigkeit sowie des Programms Horizon Europe erhöht werden. Ergänzend wird im Zeitraum 2026 bis 2028 eine Gruppe für die Durchführung von Investitionen in die Bioökonomie (Bioeconomy Investment Deployment Group) eingerichtet, die öffentliches und privates Kapital für großvolumige Vorhaben wie Bioraffinerien mobilisieren soll. Zur

Risikominderung stellt die Europäische Investitionsbank verstärkt Mischfinanzierungsinstrumente bereit, um das Investitionsrisiko für Start-ups und Scale-ups in kapitalintensiven Expansionsphasen zu senken (Europäische Kommission, 2025).

Die zweite Säule verfolgt das Ziel, Sektoren übergreifende Leitmärkte für biobasierte Materialien zu schaffen und fossile Rohstoffe in zentralen Industriebereichen schrittweise zu ersetzen. Eine wesentliche Maßnahme ist die Gründung der „Europäischen Allianz für biobasierte Produkte“. Diese freiwillige Vereinbarung soll dazu beitragen, dass europäische Unternehmen bis zum Jahr 2030 gemeinsam biobasierte Materialien und Anwendungen im Wert von 10 Milliarden Euro erwerben. Die Europäische Union priorisiert dabei insbesondere Sektoren mit hohem Substitutionspotenzial. Dazu zählen biobasierte Kunststoffe, Textilien aus biologischen Fasern, Chemikalien sowie der Bausektor, insbesondere die Nutzung von Holz, Hanf und Stroh als alternative Rohstoffe. Darüber hinaus sollen die Richtlinien für die öffentliche Auftragsvergabe überarbeitet werden, damit öffentliche Einrichtungen verstärkt als Erstabnehmer biobasierter Lösungen auftreten können. Parallel dazu werden einheitliche Normen sowie Ökodesign-Anforderungen entwickelt, um die Langlebigkeit und Recyclingfähigkeit biobasierter Produkte sicherzustellen (Europäische Kommission, 2025).

Die dritte Säule betrifft die nachhaltige Versorgung mit Biomasse und die Stärkung der Ressourcenresilienz. Die Europäische Union deckt ihren Biomassebedarf bereits heute zu rund 90 % aus eigener Erzeugung; Ziel ist es, dieses Niveau zu halten und die Verfügbarkeit von Biomasse mit dem Schutz der Ökosysteme in Einklang zu bringen. Um den Druck auf primäre Ressourcen wie Acker- und Waldflächen zu verringern, soll verstärkt auf Sekundärrohstoffe zurückgegriffen werden, insbesondere auf organische Abfälle, industrielle Nebenprodukte und biogenes CO_2. Leitprinzip ist die Kaskadennutzung, bei der Biomasse vorrangig für höherwertige Produkte und Materialien eingesetzt wird, die Kohlenstoff länger speichern und fossile Werkstoffe ersetzen, etwa in Form langlebiger Holzbauprodukte, während Rest- und Sekundärströme energetisch verwertet werden. Die Biomassegewinnung soll grundsätzlich innerhalb der ökologischen Belastungsgrenzen erfolgen. Land- und Forstwirt:innen sollen künftig verstärkt über Märkte für CO_2- und Biodiversitätsgutschriften im Rahmen des Carbon Farming entlohnt werden, wenn sie Ökosystemdienstleistungen erbringen und zum Erhalt von Kohlenstoffsenken beitragen (Europäische Kommission, 2025).

Die vierte Säule befasst sich mit der Nutzung globaler Partnerschaften sowie der Stärkung der europäischen Führungsrolle im Bereich der nachhaltigen Bioökonomie. Ziel ist es, internationale Standards mitzugestalten und gleichzeitig die strategische Autonomie der Europäischen Union durch diversifizierte Lieferketten zu erhöhen. Im Bereich der internationalen Standardisierung setzt sich die Europäische Union in Organisationen wie der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO), der

Welthandelsorganisation (WTO) und der G20 für harmonisierte Definitionen sowie einheitliche Nachhaltigkeitsstandards für biobasierte Produkte ein. Dadurch sollen technische Handelshemmnisse reduziert und internationale Märkte besser integriert werden. Darüber hinaus sollen strategische Handelsbeziehungen durch Freihandelsabkommen und gezielte Partnerschaften ausgebaut werden. Ziel ist es, den Export europäischer biobasierter Technologien zu fördern und gleichzeitig die Versorgung mit Biomasse durch eine stärkere Diversifizierung der Bezugsquellen abzusichern, um Abhängigkeiten von einzelnen Lieferanten zu vermeiden. Im Rahmen der Global Gateway investiert die Europäische Union zudem in nachhaltige Wertschöpfungsketten in Partnerländern, insbesondere in Afrika. Dabei steht die Förderung lokaler Wertschöpfung sowie der Aufbau von Kompetenzen im Vordergrund, anstatt sich ausschließlich auf den Import von Rohstoffen zu konzentrieren (Europäische Kommission, 2025).

3.1 Umsetzung der Bioökonomie-Strategie in Österreich

Den institutionellen Rahmen für diese geplante Transformation schuf Österreich 2019 mit der Verabschiedung der Nationalen Bioökonomie-Strategie (BMNT et al., 2019). Sie bildet einen wesentlichen Bestandteil der Klima- und Energiestrategie #mission2030 und orientiert sich am Ziel, spätestens bis 2040 Klimaneutralität zu erreichen. Inhaltlich baut die Strategie auf früheren Maßnahmen wie dem Ökostromgesetz 2011 sowie verschiedenen Programmen zur Ressourceneffizienz und stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe auf. Die operative Konkretisierung erfolgte über den Bioökonomie-Aktionsplan, der ab Mitte 2019 in einem breit angelegten partizipativen Prozess entwickelt wurde (BMK & BMLUK, 2022). Mehr als 400 Vertreter:innen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft brachten dabei rund 800 Vorschläge ein, aus denen schließlich 112 konkrete Maßnahmen in elf Themenfeldern abgeleitet wurden. Diese reichen von nachhaltiger Rohstoffgewinnung über industrielle Verarbeitung bis hin zu Bildungsmaßnahmen und rechtlichen Rahmenbedingungen. Ein zentrales Leitprinzip der österreichischen Strategie ist dabei die Kaskadennutzung biogener Rohstoffe. Ziel dieses Ansatzes ist es, Ressourcen zunächst möglichst hochwertig stofflich zu verwerten und sie über mehrere Nutzungsstufen hinweg im Kreislauf zu führen, bevor am Ende des Lebenszyklus eine energetische Nutzung erfolgt.

Die Umsetzung der Bioökonomie-Strategie in Österreich verfolgt das Ziel, wirtschaftliches Wachstum schrittweise vom Verbrauch fossiler Ressourcen zu entkoppeln und gleichzeitig regionale Wertschöpfungsketten zu stärken. Damit ist die bioökonomische Transformation nicht nur als umweltpolitisches Projekt zu verstehen, sondern als grundlegende Neuausrichtung der Industrie-, Energie- und Agrarstruktur des Landes. Aufgrund des hohen Waldanteils von nahezu 48 % der österreichischen

Staatsfläche nimmt insbesondere der forstbasierte Sektor eine zentrale Rolle innerhalb der österreichischen Bioökonomie ein.

Für die organisatorische Umsetzung verfolgt Österreich einen sogenannten „Netzwerk-von-Netzwerken"-Ansatz, mit dem regionale Kompetenzen national gebündelt werden. Das zentrale Instrument bildet Bioeconomy Austria, das 2022 als österreichweites Netzwerkprojekt startete; 2024 wurde dann der Verein Bioeconomy Austria gegründet. Im Februar 2026 zählte das Netzwerk 375 Partner aus Wirtschaft, Wissenschaft, Verwaltung und Zivilgesellschaft und folgt damit dem Quadruple-Helix-Modell, das die Entwicklung gemeinsamer Innovationsprozesse fördern soll (Bioeconomy Austria, 2026a).

Die praktische Umsetzung konzentrierte sich in der ersten Förderperiode von 2022 bis 2024 insbesondere auf den forst- und holzbasierten Sektor, der aufgrund der hohen Rohstoffverfügbarkeit sowie seiner Wertschöpfungs- und Beschäftigungswirkung zu den wichtigsten biobasierten Wirtschaftsbereichen des Landes zählt. Entsprechend fördert die Bundesregierung Maßnahmen zur nachhaltigen Nutzung von Holzressourcen sowie zur Entwicklung innovativer biobasierter Anwendungen, insbesondere im Bereich des Holzbaus und neuer Materialien, bei gleichzeitiger Sicherung der langfristigen Stabilität der Wälder angesichts zunehmender klimatischer Belastungen (BMNT et al., 2019). In der aktuellen Förderperiode von 2025 bis 2028 gibt es acht zentrale Handlungsfelder – von Projektmanagement und Innovationsförderung bis hin zu Monitoring –, deren Ziel es ist, die gesamte Bioökonomie in Österreich systematisch auszubauen. Es sollen neue Technologien quer über alle biobasierten Sektoren etabliert und darauf aufbauende Geschäftsmodelle gefördert werden. Damit soll erreicht werden, dass sich die Kreislaufwirtschaft als zentraler Bestandteil der österreichischen Wirtschaftsstruktur etabliert (ecoplus, o. J.).

Ergänzend zur Bioökonomiestrategie hat die Bundesregierung 2024 die Carbon Management Strategie beschlossen, die neben der geologischen Speicherung auch die stoffliche Nutzung von abgeschiedenem CO_2 adressiert und damit an ein zentrales Ziel der Bioökonomie anschließt: Kohlenstoff für Materialien, Chemikalien und Kraftstoffe künftig aus biogenen statt aus fossilen Quellen bereitzustellen (BMF & BMK, 2024). Rechtsrahmen, Fördersystematik und Anrechnungsfragen befinden sich dabei noch in der politischen Abstimmung, die technische Umsetzung steht in weiten Teilen erst am Beginn.

Um die langfristige Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Bioökonomie sicherzustellen, werden die nationalen Fortschritte kontinuierlich evaluiert und in das EU-Bioökonomie-Monitoring-System integriert. Dadurch sollen ökologische, ökonomische und soziale Entwicklungen transparent erfasst und vergleichbar gemacht werden (Mubareka et al., 2023; Robert et al., 2020). Während sich die Umsetzung gegenwärtig noch stark auf den Rohstoff Holz konzentriert, ist langfristig eine Ausweitung auf weitere biogene Wirtschaftsbereiche vorgesehen. Ziel bleibt es, die Abhängigkeit von fossilen Importen sektorübergreifend zu

reduzieren und zugleich die strategische Autonomie des Wirtschaftsstandorts Österreich nachhaltig zu stärken.

3.2 Tiroler Strategien mit Bezug zur Bioökonomie

Eine eigenständige Bioökonomiestrategie des Landes Tirol besteht nicht; das Thema ist auf mehrere sektorale Landesstrategien verteilt. Tabelle 1 stellt die für diese Studie maßgeblichen Dokumente und ihren Bezug zu den in Kapitel 8 abgeleiteten Handlungsfeldern zusammen. Im Folgenden werden jene Festlegungen hervorgehoben, die für die Ergebnisse der Studie unmittelbar relevant sind.

Tiroler Nachhaltigkeits- und Klimastrategie. Die 2021 beschlossene Strategie „Leben mit Zukunft“ (Zielhorizont 2030) bildet den übergeordneten Rahmen und wird über mehrjährige Maßnahmenprogramme umgesetzt, zuletzt für den Zeitraum 2025–2027. Ihr Handlungsfeld Wirtschaft und Regionalentwicklung führt einen eigenen Themenblock „Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie“; es ist die einzige explizite Verankerung des Begriffs in einer Tiroler Landesstrategie (Land Tirol, 2021a, 2025).

Tirol 2050 energieautonom. Leitziel ist die vollständige Deckung des Endenergiebedarfs aus heimischen erneuerbaren Quellen im Jahresausgleich; 2024 lag der Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch bei rund 60 % gegenüber 43 % im Bundesdurchschnitt. Das Energie-Zielszenario (Aktualisierung 2024) setzt für 2050 einen Bioenergieanteil von rund 18 % sowie eine Biogasnutzung von rund 280 GWh/a bei einem Potenzial von rund 465 GWh/a an. Das in Kapitel 6.3.1 ermittelte technische Energiepotenzial der Tiroler Wirtschaftsdünger von 194 GWh entspricht damit rund 70 % dieser Zielmenge (Land Tirol, 2024).

Tiroler Waldstrategie 2030. Die Strategie benennt die kaskadische Nutzung von Holz – stoffliche Verwertung vor energetischer – ausdrücklich als Leitprinzip und stimmt darin mit der EU- und der österreichischen Strategie überein. Zugleich dokumentiert sie den Baumartenwandel: Der Fichtenanteil am Ertragswald ging zwischen 2000 und 2018 von 59,6 auf 53,6 % zurück. Die daraus folgende Anpassungsaufgabe der Verarbeitungsstruktur wird in den Kapiteln 6.2.1 und 8.1 aufgegriffen (Land Tirol, 2021b).

Wirtschafts- und abfallrechtlicher Rahmen. Die Tiroler Wirtschafts- und Innovationsstrategie 2022–2030 führt Nachhaltigkeit und Ökologisierung als Querschnittsthema, nicht jedoch die Bioökonomie als eigenes Spezialisierungsfeld; operativ umgesetzt wird sie wesentlich über die Standortagentur Tirol mit ihren Clustern und dem Circular Hub Tirol (Kapitel 4.2). Abfallwirtschaftlich bestehen keine eigenständigen bioökonomischen Zielwerte.

Die Bioökonomie ist in Tirol damit strategisch verankert, jedoch nur als Unterpunkt einer übergeordneten Klima- und Nachhaltigkeitsstrategie. Quantifizierte Landesziele bestehen ausschließlich für die energetische

Nutzung biogener Rohstoffe. Für die stoffliche Verwertung fehlt ein vergleichbares Ziel, obwohl ihr die EU-Strategie ebenso wie die österreichische Strategie Vorrang einräumt.

Tabelle 1: Tiroler Strategien mit Bezug zur Bioökonomie und Anschluss an die Handlungsfelder

Strategie / Rechtsgrundlage	**Beschluss (Horizont)**	**Bezug zur Bioökonomie**
Tiroler Nachhaltigkeits- und Klimastrategie samt Maßnahmenprogrammen 2022–2024 und 2025–2027	05/2021 (2030)	Themenblock „Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie“; einzige explizite Nennung auf Landesebene
Tirol 2050 energieautonom / Energie-Zielszenario 2050 (Aktualisierung 2024)	2024 (2050)	Bioenergie rund 18 % des Bedarfs 2050; Biogasnutzung rund 280 GWh/a bei rund 465 GWh/a Potenzial
Tiroler Waldstrategie 2030	06/2021 (2030)	Kaskadennutzung als Leitprinzip; Baumartenwandel
Tiroler Wirtschafts- und Innovationsstrategie 2022–2030 samt Maßnahmenprogramm 2025–2027	12/2021 (2030)	Nachhaltigkeit und Ökologisierung als Querschnittsthema; Umsetzung über Standortagentur Tirol

4 Stakeholder-Analyse

4.1 Akteurslandschaft der Tiroler Bioökonomie

Die Stakeholderdatenbank umfasst zum Auswertungsstand 22. Oktober 2026 insgesamt 105 Akteurseinträge. Grundlage waren Registerrecherchen bei der Wirtschaftskammer Tirol und im Firmenbuch, Cluster- und Netzwerkmitgliederlisten, Förderprojektdatenbanken sowie öffentlich zugängliche Informationen der jeweiligen Organisationen. Als bioökonomisch relevant gelten Akteur, die biogene Rohstoffe erzeugen, verarbeiten oder veredeln oder deren Nutzung fachlich, organisatorisch beziehungsweise regulatorisch begleiten. Die Auswahl umfasst Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Bildungseinrichtungen, Verwaltungseinheiten, Verbände und Netzwerke. Sie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Nach der bestehenden Zuordnung entfallen 59 Einträge auf Produzent: innen, 15 auf Anwender: innen, 13 auf Forschung und Lehre, neun auf Verbände, fünf auf Intermediäre und Cluster sowie vier auf Verwaltung und Politik.

Thematisch bildet die Übersicht ein breites Spektrum der Tiroler Bioökonomie ab. Holzverarbeitung, Holzwerkstoffe und konstruktiver Holzbau sind ebenso vertreten wie Lebensmittelverarbeitung, Naturfasern, biobasierte Materialien und biotechnologische Verfahren. Die Aktualisierung ergänzt insbesondere Akteure mit Bezug zu Holznebenprodukten, Bioabfall, Kompostierung und Klärschlamm sowie zuständige Verwaltungs- und Vernetzungsstellen. Die breite Akteurserfassung geht damit über die unmittelbar untersuchten Rest- und Abfallströme hinaus und berücksichtigt auch mögliche Forschungs-, Entwicklungs- und Umsetzungspartner. Aus der Zahl der Einträge eines Themenfeldes lassen sich weder dessen wirtschaftliche Bedeutung noch die Verfügbarkeit zusätzlicher Rohstoffmengen unmittelbar ableiten.

Zahlreiche erfasste Akteur haben ihren Sitz in Innsbruck. Zugleich enthält die Übersicht Betriebe und Einrichtungen aus dem Unterinntal, dem Oberland, dem Außerfern und Osttirol sowie landesweit tätige Organisationen Die räumliche Verteilung ist dabei funktional differenziert: Während sich Forschung, Verwaltung und intermediäre Einrichtungen auf den Zentralraum konzentrieren, verteilen sich die produzierenden Betriebe entlang des Unterinntals und in den Seitentälern. Die bioökonomische Wertschöpfung entsteht damit überwiegend außerhalb jener Region, in der die begleitenden und vernetzenden Strukturen angesiedelt sind. Die räumliche Verteilung unterstreicht somit einerseits die zentrale Rolle Innsbrucks als Forschungs- und Innovationsstandort, macht andererseits die regionale Verankerung bioökonomischer Aktivitäten in ganz Tirol sichtbar und weist auf einen entsprechenden Transferbedarf zwischen Forschungs- und Produktionsstandorten hin.

Die aktualisierte Stakeholderdatenbank wird als digitale Beilage bereitgestellt. Die vorstehenden Angaben beziehen sich auf den Datenbankstand vom 22. Oktober 2026.

4.2 Leuchttürme der Tiroler Bioökonomie

Als Leuchttürme werden im Folgenden beispielhaft Betriebe und Organisationen bezeichnet, die für ihr jeweiliges Themenfeld strukturbildend wirken, indem sie eine Verarbeitungsstufe im Land halten, die andernfalls fehlen würde, überregionale Sichtbarkeit erreichen oder Rohstoffmengen bündeln, die einzelbetrieblich nicht verwertbar wären.

Im Bereich der Holzwerkstoffe ist EGGER mit den Standorten St. Johann in Tirol und Wörgl einer der bedeutendsten Akteure. Das Stammwerk St. Johann zählt rund 900 Beschäftigte und produziert neben rohen und dekorativen Spanplatten auch Leichtbauplatten, Arbeitsplatten und Möbelfertigteile. Am Standort Wörgl arbeiten rund 450 Beschäftigte und es wird eines der größten Biomassekraftwerke Österreichs betrieben. Über 85 Prozent der Produktion gehen in den Export. Bioökonomisch bemerkenswert ist die Kopplung von

stofflicher und energetischer Nutzung mit der kommunalen Wärmeversorgung. In St. Johann speist Prozessabwärme über eine Absorptionswärmepumpe ein Fernwärmenetz, an das unter anderem das Bezirkskrankenhaus, das Altenwohnheim und die Kaserne angeschlossen sind, wobei rund 50 Prozent der Wärmeenergie aus der Abwärme des Stammwerks stammen (EGGER, 2026).

Die Massivholzverarbeitung und der konstruktive Holzbau werden von binderholz mit Stammsitz in Fügen repräsentiert. Das 1950 als Ein-Gatter-Sägewerk gegründete Familienunternehmen zählt heute mit mehr als 60 Standorten in Österreich, Deutschland, Großbritannien, Lettland, Finnland und den USA sowie über 6.000 Beschäftigten zu den größten massivholzproduzierenden Unternehmen Europas. In Tirol sind es 850 Beschäftige. Für die Bioökonomie relevant ist die vollständige Rohstoffverwertung, da in der Produktion anfallende Resthölzer zu Biobrennstoffen, Ökostrom, Pressspanpaletten und Pressspanklötzen verarbeitet werden (Binderholz GmbH; top.tirol, 2026a).

Die höchste Veredelungsstufe der zellulosebasierten Kette in Tirol hält die Papierfabrik Wattens als Teil der delfort-Gruppe. Das 1559 gegründete Werk stellt Spezialpapiere für die Tabak- und Lebensmittelindustrie sowie Separatorpapiere für Batterien her und erzielte 2025 mit 415 Beschäftigten einen Umsatz von 243 Millionen Euro. Am Standort besteht zudem ein Innovationszentrum mit Labor und Pilotanlagen für die Weiterentwicklung von Papierlösungen (Austropapier, 2026; top.tirol, 2026b).

Einen weiteren industriellen Schwerpunkt bildet die biotechnologische Wirkstoffproduktion im Tiroler Unterland, die auf einer über siebzigjährigen Standorttradition aufbaut und heute von zwei rechtlich getrennten Unternehmen getragen wird. Die Sandoz GmbH beschäftigt in Kundl rund 2.800 Beschäftigten mit einem Jahresumsatz 2025 von 1,4 Mrd. € (top.tirol, 2026c) und stellt dort Wirkstoffe und Präparate aus dem Bereich der Penicilline her. Die Wirkstoffgewinnung beruht auf der Fermentation zuckerbasierter Substrate und damit auf einem klassisch biotechnologischen Verfahren. Bemerkenswert ist die Verwertung der anfallenden Fermentationsbiomasse: Das nach Abtrennung des Wirkstoffs verbleibende Pilzmycel wird in Kundl seit 1981 getrocknet, granuliert und unter der Bezeichnung Biosol® als organischer, für den biologischen Landbau zugelassener NPK-Dünger weltweit vermarktet (Sandoz, 2026). Im Jahr 2024 wurden rund 4.900 t erzeugt. Ergänzt wird der Standortverbund durch Novartis in Schaftenau in der Gemeinde Langkampfen, wo 2022 mit der Anlage „BioFuture" und der zusätzlichen Fertigungslinie „Cell Culture 2" bei einem Investitionsvolumen von 300 Millionen Euro rund 180 neue Arbeitsplätze entstanden und der größte österreichische Standort zur Herstellung von Biopharmazeutika begründet wurde. Schaftenau fungiert darüber hinaus als konzernweites Kompetenzzentrum für moderne Zellkultur-Technologie. Gemeinsam bilden Kundl und Schaftenau den bedeutendsten biotechnologischen Produktionsraum Tirols (Novartis, 2026).

In der Lebensmittelverarbeitung nimmt Tirol Milch als Teil der Berglandmilch am Standort Wörgl eine Schlüsselstellung ein. Das Werk verarbeitet rund 80 Prozent des Tiroler Milchaufkommens. Die 2014

erweiterte Käserei erreicht eine Jahreskapazität von knapp 30.000 Tonnen und ist damit die zweitgrößte Käseproduktionsstätte Österreichs. Der Standort betreibt ein Biomasse-Heizwerk mit Hackgut aus Tiroler Wäldern sowie eine werkseigene Kläranlage. Die Abwärme aus der Produktion versorgt gemeinsam mit den Stadtwerken Wörgl rechnerisch 640 Haushalte (Berglandmilch, 2017).

Auf Ebene der Cluster- und Netzwerkorganisationen kommt der Standortagentur Tirol eine zentrale Rolle zu, die den Circular Hub Tirol und den Cluster Erneuerbare Energien betreibt und innerhalb von Bioeconomy Austria das Impulsprojekt zu Modellkreisläufen leitet, mit dem Ziel, biogene Kreisläufe in überschaubaren Wirtschaftsräumen aufzubauen und replizierbare Pilotkonzepte zu entwickeln. proHolz Tirol fungiert als Kommunikations- und Informationsforum der gesamten Tiroler Forst- und Holzwirtschaft und betreibt mit dem Holzcluster ein firmenbezogenes Netzwerk; im Rahmen von Bioeconomy Austria widmet sich proHolz Tirol der wertgerechten Nutzung biogener Rohstoffe mit Schwerpunkt Holz. Für die energetische Verwertung ist die Arbeitsgemeinschaft Biowärme Tirol maßgeblich, der derzeit 50 Betriebe mit 88 Standorten angehören und die damit zugleich die zentrale Datenquelle für den Anlagenbestand darstellt. Auf regionaler Ebene wirken die Regionalmanagements, die mit dem gemeinsamen LEADER-Projekt „Aufbau Bio-Region" von KUUSK und Kitzbüheler Alpen zwischen Mai 2024 und Dezember 2025 bei einer Projektsumme von 155.499 Euro bioökonomische Themen in die Fläche tragen.

5 Projekt- und Förderlandschaft der Bioökonomie

Die im Anhang dokumentierte Projektlandschaft zeigt 88 Projekte und Initiativen im Bereich der Bioökonomie (Tabelle 2). Mit **46 laufenden Projekten (52 %)** und **42 bereits abgeschlossenen Vorhaben (48 %)** decken die Projekte ein breites Spektrum bioökonomischer Handlungsfelder ab. Schwerpunkte liegen insbesondere in der nachhaltigen Nutzung biogener Rohstoffe, der Holz- und Forstwirtschaft, der Kreislaufwirtschaft, der Land- und Ernährungswirtschaft sowie der Entwicklung biobasierter Materialien und Prozesse. Ergänzend finden sich zahlreiche Vorhaben zu Innovation, Digitalisierung, Wissens- und Technologietransfer sowie zur Entwicklung neuer Wertschöpfungsketten. Dies verdeutlicht, dass Bioökonomie zunehmend als sektorübergreifender Ansatz verstanden wird, der unterschiedliche Wirtschafts- und Forschungsbereiche miteinander verbindet.

Tabelle 2: Kennzahlen zu Projekten und Initiativen der Bioökonomie

Ebene/Wirkungsraum	**Abgeschlossene Projekte/Initiativen**	**Laufende Projekte/Initiativen**	**Gesamt**
Tirol-Bezug (Regional)	3	6	9
Österreich (National)	16	18	34
EU (Transnational)	23	22	45
Gesamt	42	46	88

Die erfassten **60 Förderprogramme** zeigen gleichzeitig, dass prinzipiell für alle Phasen des Innovationsprozesses geeignete Finanzierungsinstrumente vorhanden sind – von Grundlagenforschung über experimentelle Entwicklung und Demonstrationsprojekte bis hin zur Markteinführung. Die Programme auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene bieten grundsätzlich gute Rahmenbedingungen für die Umsetzung bioökonomischer Vorhaben.

6 Relevante Stoff- und Produktströme

Im folgenden Abschnitt werden die in Tirol anfallenden Mengen an organischen Stoffströmen beschrieben. Die grundsätzliche Einteilung erfolgte in die Bereiche Reststoffe der Landwirtschaft, Stoffströme der Forstwirtschaft und organische Abfälle. In Abbildung 2 sind die entsprechenden Mengen abgebildet. Die Reststoffe der Landwirtschaft und die organischen Abfälle sind jeweils in Tonnen Frischmasse, die Stoffströme der Forstwirtschaft in Einschlagfestmeter ohne Rinde dargestellt. In den folgenden Kapiteln wird näher auf die einzelnen Bereiche eingegangen.

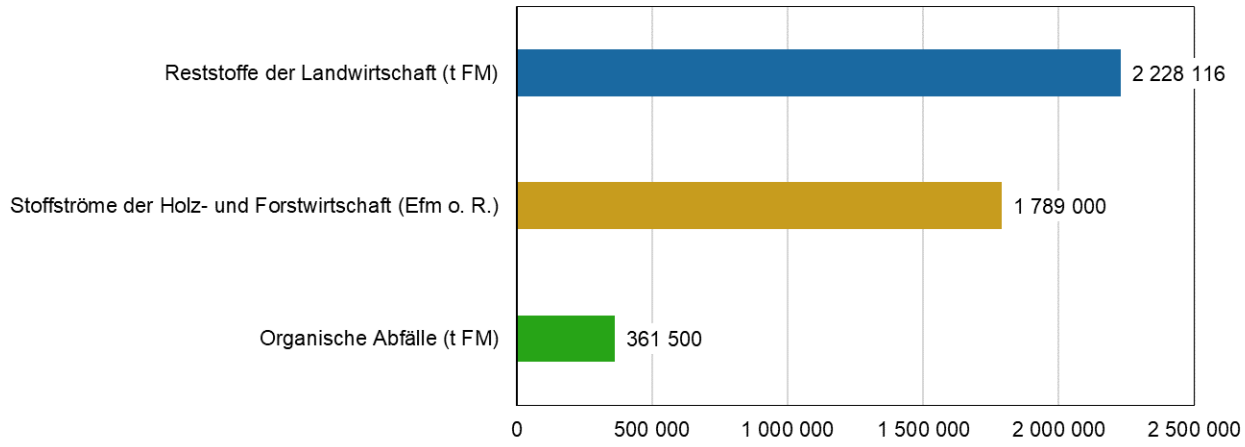


Abbildung 2: Relevante Stoff- und Produktströme in Tirol. Daten: Statistik Austria (2025); BMLUK (2025); Wasser Tirol et al. (2022).

6.1 **Organische Abfälle**

In Abbildung 3 sind die jährlichen Mengen an den verschiedenen organischen Abfällen dargestellt. Diese organischen Abfälle werden in der Regel getrennt gesammelt und verschiedenen Behandlungswegen zugeführt. Wie aus der Abbildung hervorgeht, handelt es sich bei den organischen Abfällen um Stoffströme mit unterschiedlicher Herkunft und Zusammensetzung. In den weiteren Kapiteln wird auf die relevanten Ströme näher eingegangen.

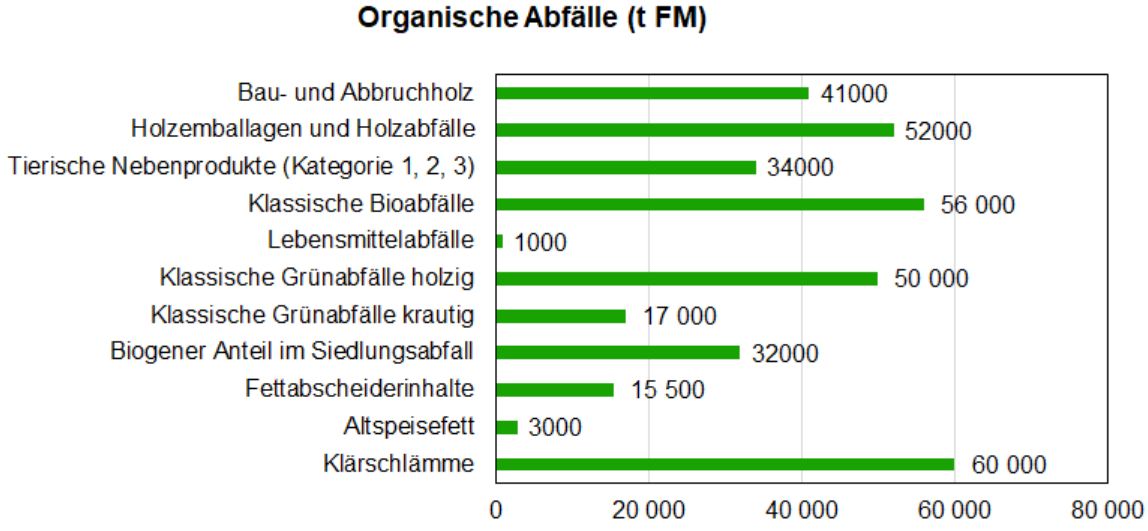


Abbildung 3: Jährliche Mengen an Bioabfällen in Tirol. Daten: Statistik Austria (2025); BMLUK (2025); Wasser Tirol et al. (2022).

6.1.1 Detailbetrachtung holzartige Abfälle

Die Gesamtmenge an holzartigen Abfällen setzt sich aus 52.000 Tonnen Holzemballagen und Holzabfällen (z. B. Obstkisten, Paletten, Holzabfälle) sowie 41.000 Tonnen Bau- und Abbruchholz (z. B. Fensterstöcke, Grobspanplatten (OSB)) zusammen, was insgesamt 93.000 Tonnen ergibt (Abbildung 4). Etwa 60 % davon werden in Tirol stofflich verwertet, beispielsweise in der Herstellung von Span- und Faserplatten. Rund 20 % werden innerhalb Tirols thermisch verwertet, während die verbleibenden etwa 20 % außerhalb Tirols weiterverarbeitet werden. (Wasser Tirol et al., 2022)

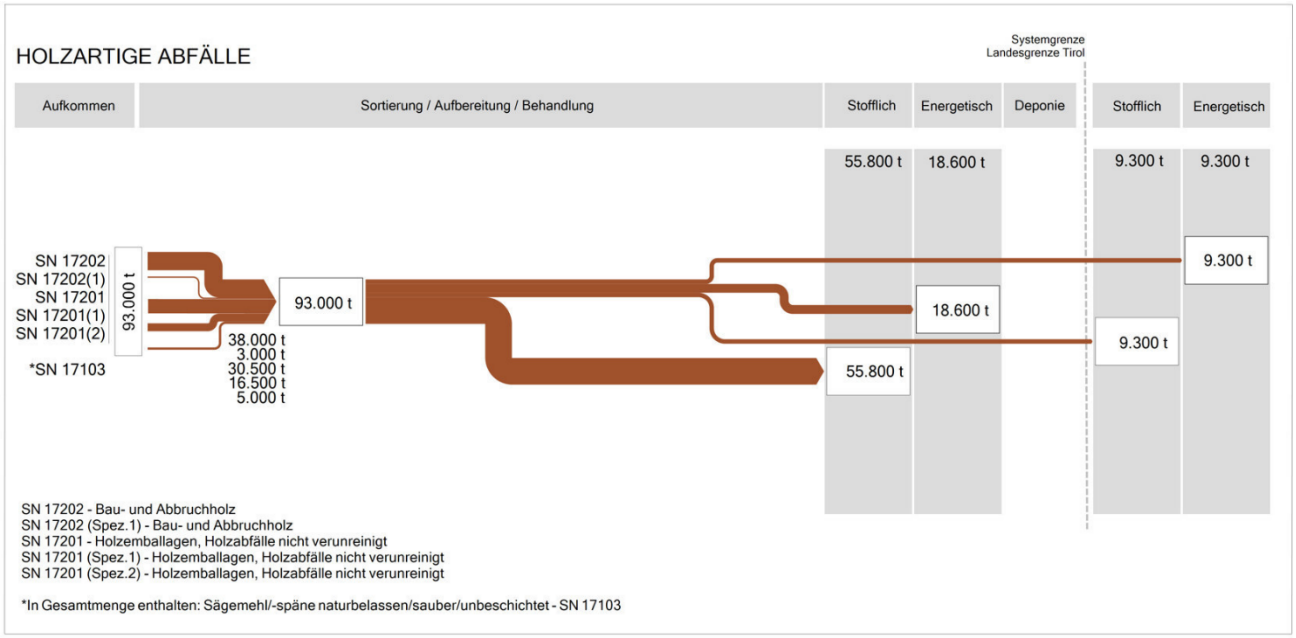


Abbildung 4: Jährliche Mengen an holzartigen Abfällen in Tirol (Wasser Tirol et al., 2022).

6.1.1.1 Bioökonomische Handlungsfelder

Gemäß der österreichischen Recyclingholzverordnung (RHV 2012) hat die stoffliche Verwertung von Altholz Vorrang vor der energetischen Nutzung. Für holzartige Abfälle ist somit eine kaskadische Nutzung vorgesehen, bei der Holz möglichst lange im Stoffkreislauf gehalten wird. Dies erfolgt entweder durch die Wiederverwendung in weiteren stofflichen Nutzungsschleifen, beispielsweise durch das Recycling von Spanplatten zu neuen Holzwerkstoffen, oder durch die Nutzung in anderen Anwendungen, etwa wenn Massivholz zur Herstellung von Spanplatten eingesetzt wird. Erst Fraktionen, die keiner weiteren stofflichen Verwertung zugeführt werden können, werden energetisch verwertet. Die Kaskadennutzung trägt dadurch zu einer höheren Ressourceneffizienz bei und verlängert gleichzeitig die Bindung des im Holz gespeicherten Kohlenstoffs (Wasser Tirol et al., 2022).

Der Anteil der holzartigen Abfälle, welcher in Tirol stofflich verwertet wird, liegt bei rund 60 %, womit die Kaskadennutzung ein hohes Niveau erreicht. Von den aktuell anfallenden Altholzmengen werden etwa 10 %

(rund 9.300 t) energetisch außerhalb Tirols verwertet; diese Menge könnte prinzipiell auch innerhalb Tirols stofflich und/oder energetisch genutzt werden (Wasser Tirol et al., 2022).

6.1.2 Detailbetrachtung getrennt gesammelte Bioabfälle

Getrennt gesammelte Bioabfälle fielen in Tirol in einer Menge von rund 156.000 t pro Jahr an (Stand 2024, (Hupfauf, 2026). Das Material ist heterogen und umfasst unter anderem die klassische Biotonne, Küchenabfälle, Grünschnitt sowie Baum- und Strauchschnitt. Die Behandlung erfolgt über vier Wege, deren mengenmäßige Anteile in Abbildung 5 dargestellt sind. Auf die Kompostierung entfallen 36 %, auf die Co-Vergärung an Kläranlagen 27 %, auf die Monovergärung mit anschließender Gärrestnutzung 19 % und auf den Export zur Behandlung im Ausland 18 %.

Bei der Co-Vergärung werden die Bioabfälle gemeinsam mit Klärschlamm in den Faulbehältern kommunaler Kläranlagen behandelt. Dieser Weg ist ökonomisch vorteilhaft, da mit Faultürmen, Gasverwertung und Gärrestverwertung bestehende Infrastruktur genutzt werden kann. Die entwässerten Klärschlämme werden derzeit noch zum Teil stofflich, in Form von kompostierten Klärschlamm, verwertet. Die Ausbringung ist jedoch in Tirol auf nicht landwirtschaftlich genutzte Flächen begrenzt (Land Tirol, 2000). Der überwiegende Teil wird jedoch thermisch behandelt. Für Kläranlagen über 20.000 EW entfällt die stoffliche Nutzung des entwässerten Klärschlamms ab 2033 vollständig, da dieser in Monoverbrennungsanlagen verbrannt werden muss. Die thermische Behandlung des Gärrests führt zwar zum Verlust der Nährstoffe, erfüllt jedoch eine eigenständige abfallwirtschaftliche Funktion. Klärschlamm wirkt im Abwasserpfad als Senke für Schad- und Störstoffe, da sich darin Schwermetalle, organische Spurenstoffe wie PFAS und Arzneimittelrückstände sowie Makro- und Mikroplastik anreichern. Durch die Monoverbrennung wird diese Fracht aus dem Stoffkreislauf entfernt, was dem abfallwirtschaftlichen Grundsatz entspricht, Schadstoffe auszuschleusen, statt sie über organische Düngemittel auf landwirtschaftliche Flächen zurückzuführen. Ein Teil der Nährstoffe bleibt verfügbar, da Phosphor aus der Asche zurückgewonnen wird. Die Co-Vergärung wird durch den Gehalt an Grobstoffen wie Metall, Sand oder Glas begrenzt, da dieser in der Praxis zu Ablagerungen und erhöhtem Verschleiß führt.

Die Kompostierung stellt mit 36 % den größten Behandlungsweg. Es handelt sich überwiegend um dezentrale Anlagen mit entsprechend kurzen Transportwegen. Die Prozessführung ist aufgrund der Anlagengröße jedoch nicht durchgängig optimiert, und eine energetische Nutzung der Biomasse findet auf diesem Weg nicht statt.

Bei der Vergärung mit Gärrestnutzung kommen sowohl Trocken- als auch Nassvergärungsverfahren zum Einsatz, beispielsweise in Roppen (Trockenvergärung) sowie in Schlitters und Kössen (jeweils Nassvergärung). Nach Angaben der Betreiber ist die landwirtschaftliche Verwertung des Gärrests unproblematisch und wird durch steigende Düngerpreise begünstigt, während der wirtschaftliche Betrieb der Anlagen überwiegend über

Entsorgungsgebühren getragen wird. Auch hier stellen Störstoffe die zentrale Herausforderung dar, da ihre Abtrennung aufwendig ist und eine Restbelastung in Gärrest und Kompost verbleibt. Die verbleibenden 18 % der getrennt gesammelten Bioabfällen werden zur Behandlung an Anlagen nach Deutschland exportiert.

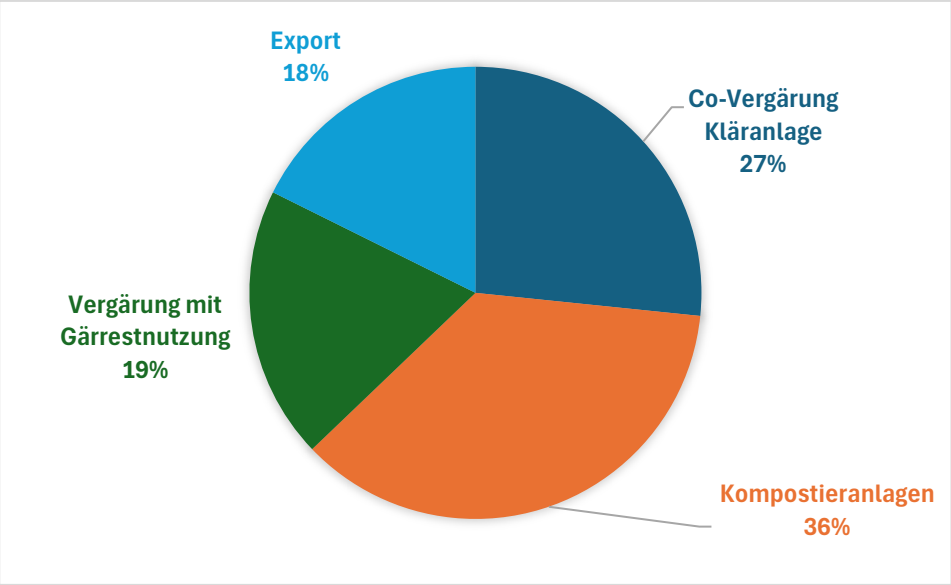


Abbildung 5: Behandlung der getrennt gesammelten Bioabfälle in Tirol. Datengrundlage: Hupfauf (2026).

6.1.2.1 Bioökonomische Handlungsfelder

Vorrangig ist die Verringerung des Störstoffgehalts in den gesammelten Substraten, da die Substratqualität sowohl die Prozessstabilität der Vergärung als auch die Verwertbarkeit von Gärrest und Kompost bestimmt. Geeignete Ansatzpunkte sind der verstärkte Einsatz von Vorsammelhilfen aus Papier anstelle von Biokunststoffbeuteln sowie Tanksysteme für geeignete biogene Reststoffe (Sikander et al., 2024). Ergänzend sollten bestehende Sammel- und Aufbereitungssysteme als Best-Practice-Beispiele ausgewertet und auf ihre Übertragbarkeit geprüft werden.

Ein zweites Potenzial liegt in der Steigerung des Erfassungsgrads. Der weiterhin hohe Anteil organischer Abfälle im Restmüll zeigt, dass die getrennte Sammlung nicht ausgeschöpft ist (Hauer Umweltwirtschaft GmbH, 2019); erforderlich sind eine Erweiterung und eine Optimierung der bestehenden Sammelsysteme.

Sauber erfasste Bioabfälle sollten kaskadisch, also energetisch und stofflich, genutzt werden. Die anaerobe Vergärung erzeugt Biogas und führt zugleich die im Gärrest enthaltenen Nährstoffe in die Landwirtschaft zurück, was vor dem Hintergrund steigender Mineraldüngerpreise an Bedeutung gewinnt. Für die derzeit ausschließlich kompostierten oder exportierten Mengen von zusammen rund 39.000 t pro Jahr besteht damit ein bislang ungenutztes Verwertungspotenzial. Durch die Errichtung einer zusätzlichen Anlage oder die

Erweiterung bestehender Anlagen ließen sich diese Ströme innerhalb Tirols behandeln, wodurch Transportaufwand entfällt und die Wertschöpfung im Land verbleibt.

Längerfristig kommt Bioabfall als Rohstoff für Bioraffinerien in Betracht, in denen die enthaltenen molekularen Bausteine erhalten und zu neuen Produkten weiterverarbeitet werden. Möglich oder in Entwicklung sind

- flüchtige Fettsäuren (VFA) wie Essig-, Propion- und Buttersäure als chemische Grundbausteine für die Industrie (Ramos-Suarez et al., 2021),
- Biokunststoffe (PHA/PHB), die von Mikroorganismen aus organischen Säuren als Zwischenprodukten gebildet werden (Valentino et al., 2019) sowie
- Plattformchemikalien wie Milchsäure, Bernsteinsäure, Zitronensäure oder Bioethanol aus Fermentationsprozessen.

Biotechnologische Bioraffinerieprozesse erfordern aufgrund hoher Investitionskosten und komplexer verfahrenstechnischer Auslegung große und kontinuierliche Stoffströme, die in Regionen der Größe Tirols nur begrenzt verfügbar sind. Europaweit besteht bislang keine flächendeckend etablierte Großindustrie für die vollständige stoffliche Verwertung von Bioabfällen zu Plattformchemikalien oder Biokunststoffen. Erste industrielle Demonstrations- und Flagship-Anlagen sind allerdings in Betrieb oder im Scale-up, darunter integrierte Bioraffineriekonzepte zur Milchsäureproduktion aus Lebensmittelabfällen in Belgien (TripleW, 2025) sowie Pilot- und Demonstrationsanlagen zur Herstellung von Polyhydroxyalkanoaten aus organischen Reststoffen im Rahmen europäischer Horizon- und Circular-Bioeconomy-Projekte. Die technische Machbarkeit ist damit belegt, die großtechnische Umsetzung befindet sich jedoch in einer frühen Industrialisierungsphase und bleibt auf einzelne Standorte beschränkt.

6.1.3 Detailbetrachtung Klärschlamm

Die kommunalen Abwässer in Tirol werden in 53 kommunalen Kläranlagen mit insgesamt 2.158.162 EW (Stand 2019) wasserrechtlich genehmigter Behandlungskapazität behandelt. Insgesamt fallen in Tirol rund 60.000 t mechanisch entwässerter Klärschlamm an. Darin enthalten sind 16.600 t Trockenrückstand (Winkler, 2021). Aktuell werden die Klärschlämme entweder einer stofflichen (Kompostierung) oder einer thermischen Verwertung zugeführt. Der Einsatz von Klärschlämmen in der Landwirtschaft ist in Tirol nicht erlaubt (Land Tirol, 2000). Der daraus erzeugte Klärschlammkompost darf ausschließlich zur Rekultivierung nicht landwirtschaftlich genutzter Flächen eingesetzt werden.

Für die zukünftige Behandlung und Entsorgung von Klärschlamm ist die Abfallverbrennungsverordnung aus dem Jahr 2024 relevant. So müssen ab 01.01.2033 Kläranlagen mit ≥ 20.000 Einwohnergleichwerten ihren

Klärschlamm einer Verbrennung zuführen und Phosphor aus der Asche rückgewinnen oder zumindest 60 Masseprozent des Phosphors bezogen auf den Kläranlagenzulauf durch entsprechende Behandlungsverfahren am Standort zurückgewinnen (Republik Österreich, 2024).

6.1.3.1 Bioökonomische Handlungsfelder

Für Tirol ist eine zentrale Monoverbrennungsanlage in Planung. Bei der Monoverbrennung würden ca. 8.000 t/a Klärschlammasche anfallen. Darin sind 400-800 Tonnen Phosphor enthalten (Winkler, 2021). Für die Rückgewinnung aus Klärschlammasche sind zwei Prozesse möglich. Zum einen kann der Klärschlamm unter Einsatz verschiedener Additive thermochemisch behandelt werden. Die Additive (z. B. verschiedene Alkali- und/oder Erdalkalichloride oder -sulfate) bewirken eine Abreicherung von Schwermetallen. Auch die Pflanzenverfügbarkeit des Phosphors kann durch die Prozessführung beeinflusst werden, sodass die Asche direkt als Düngeprodukt genutzt werden kann. Sofern die geltenden Schadstoffgrenzwerte eingehalten werden, sieht der Gesetzgeber vor, dass solche „Premiumaschen“ direkt als Düngemittel eingesetzt werden können. Ein zweiter Prozessweg umfasst die zentrale nasschemische Behandlung und Aufbereitung der Klärschlammaschen zu Sekundärrohstoffen. Eine solche Anlage kann nur in einem überregionalen Ansatz umgesetzt werden, um die für einen wirtschaftlichen Betrieb notwendigen Aschemengen bereitzustellen (Universität Innsbruck, 2024).

Nach Befragung von Expert:innen sowie Auswertung der Fachliteratur ist derzeit nicht eindeutig absehbar, welche technologische Richtung sich im Phosphorrecycling langfristig durchsetzen wird. Für dezentrale Verfahren zur Erzeugung von Premiumaschen sprechen die vergleichsweise einfache Technik und die Möglichkeit einer direkten regionalen Nutzung als Phosphordünger. Unsicher bleibt jedoch, ob diese Aschen dauerhaft die geforderten Schadstoffgrenzwerte einhalten. Insbesondere mögliche Belastungen durch per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) sind noch nicht ausreichend geklärt und könnten die landwirtschaftliche Verwertung erheblich einschränken.

Demgegenüber ermöglichen zentrale, nasschemische Verfahren in Großanlagen die Herstellung hochreiner Sekundärphosphorprodukte. Schadstoffe können gezielt entfernt und Qualitätsstandards besser kontrolliert werden. Nachteile sind der hohe technische, energetische und wirtschaftliche Aufwand sowie fehlende regionale Verwertung, verbunden mit zusätzlichen Transport- und Logistikkosten.

Insgesamt zeigen beide Ansätze klare Vor- und Nachteile. Welche sich durchsetzt, hängt von künftigen wissenschaftlichen Erkenntnissen, regulatorischen Vorgaben und der wirtschaftlichen Entwicklung der Verfahren ab. Die Umsetzung der Klärschlammonoverbrennung sowie des Phosphorrecyclings in Österreich gestaltet sich derzeit schwierig, da es an einer gezielten Kommunikation und Abstimmung zwischen den relevanten Akteuren mangelt. Aus diesem Grund hat Bioeconomy Austria ein Projekt ins Leben gerufen mit

dem Ziel, den Austausch zwischen den Beteiligten zu fördern und die bestehenden Herausforderungen gemeinsam zu adressieren.

Ob sich in Tirol ein regionaler Phosphorkreislauf schließen lässt, hängt vom Nährstoffbedarf der heimischen Landwirtschaft ab. Diese ist überwiegend durch Grünlandwirtschaft geprägt. Über die Milch- und Fleischproduktion werden den Böden erhebliche Phosphormengen entzogen, die durch die rückgeführten Wirtschaftsdünger nur teilweise ausgeglichen werden. Die Phosphorversorgung der Böden wird anhand von Bodenuntersuchungen in Gehaltsklassen eingestuft. In Tirol wurden dazu in den vergangenen Jahren rund 6.000 Untersuchungen durchgeführt. Danach weisen 29 % der Böden einen sehr niedrigen und 37 % einen niedrigen Phosphorgehalt auf, die verbleibenden 34 % sind ausreichend versorgt. Zwei Drittel der untersuchten Flächen haben damit einen zusätzlichen Phosphorbedarf, der sich zum Teil aus dem im Klärschlamm enthaltenen Phosphor decken lässt. Rechnerisch könnte der Bedarf an mineralischem Phosphor dadurch um rund ein Drittel bis die Hälfte sinken. Für Österreich und Deutschland wurden in mehreren Studien vergleichbare Substitutionsraten von rund 40 % des mineralischen Phosphorbedarfs ermittelt (Egle et al., 2016; Zoboli et al., 2016) .

6.1.4 Detailbetrachtung Fettabscheiderinhalte und Altspeisefette

Im Jahr 2019 wurden in Tirol rund 15.500 Tonnen Fettabscheiderinhalte erfasst. Fettabscheider gelten in Betrieben, in denen fetthaltige Abwässer anfallen, als Stand der Technik. Sie dienen der Abtrennung von Fetten aus dem Abwasserstrom. Die Fette sammeln sich an der Oberfläche des Abscheiderraums, weshalb der Fettabscheider regelmäßig geleert werden muss, um eine ordnungsgemäße Funktion zu gewährleisten.

Fettabscheiderinhalte bestehen aus drei Hauptfraktionen: Wasser, Fett und Störstoffen. Der Wasseranteil unterliegt erheblichen Schwankungen und ist maßgeblich vom sachgerechten Betrieb und der Wartung der Anlage abhängig. Die Störstoffe treten überwiegend in Form von Speiseresten auf, die im laufenden Küchenbetrieb in die Anlage gelangen. Zusätzlich können Fremdstoffe wie Kunststoffe oder sonstige Abfälle enthalten sein. Die Fettschicht stellt für die Bioökonomie die relevante Fraktion dar, da sie einen hohen Energie- und Kohlenstoffgehalt aufweist. Aufgrund des hohen Wasseranteils und der enthaltenen Störstoffe werden sie in Tirol überwiegend energetisch in Faultürmen von Kläranlagen verwertet. Das erzeugte Biogas wird hauptsächlich energetisch verwertet mit einem daraus resultierenden Energiepotenzial von rund 13,6 GWh (Lichtmannegger et al., 2024). Die in Tirol erfasste Menge an Fettabscheiderinhalten weist jedoch noch erhebliches Optimierungspotenzial auf. Eine Untersuchung von Lichtmannegger et al. (2024) zeigt, dass durch angepasste Entleerungsintervalle deutlich größere Mengen erschlossen werden können. Dadurch ließe sich die Energieausbeute um mehr als das Dreifache auf rund 46,9 GWh steigern.

6.1.4.1 Bioökonomische Handlungsfelder

Damit eine höherwertige bioökonomische Verwertung von Fettabscheiderinhalten möglich ist, ist eine vorgelagerte Aufbereitung erforderlich. Im industriellen Maßstab erfolgt diese typischerweise mittels Drei-Phasen-Zentrifuge, die den Stoffstrom in Wasser, Störstoffe und Fett trennt. Diese Vorbehandlung schafft die Voraussetzung für eine weitergehende Nutzung der Fette und Öle in sogenannten „oleochemical biorefineries“ (de Jong & Jungmeier, 2015). In geeigneten Raffinerien können daraus Produkte wie Biodiesel, HVO (hydriertes Pflanzenöl) oder andere hochwertige oleochemische Erzeugnisse und Nebenprodukte hergestellt werden. Die abgetrennte Fraktion der Speisereste kann weiterhin in Biogasanlagen energetisch verwertet werden, um einen möglichst hohen Nutzungsgrad dieser Bioressource zu erreichen. Die Nutzung der aufbereiteten Fettabscheiderfette ist in Österreich jedoch begrenzt, da diese aufgrund fehlender verfahrenstechnischer Anlagen bzw. Prozessschritte in den bestehenden Biodiesel-Raffinerien nicht verarbeitet werden können. Aus diesem Grund ist derzeit großtechnisch nur eine energetische Verwertung von Fettabscheiderfetten in Österreich möglich.

Rund 3.000 t an Altspeisefetten wurden im Jahr 2019 gesammelt. Im Gegensatz zu den Fettabscheiderfetten handelt es sich hierbei um eine sehr reine Stofffraktion, die sich sehr gut für die Herstellung von Biodiesel, Sustainable Aviation Fuel (SAF), Seifen oder anderen oleochemischen Produkten eignet. In Tirol erfolgt die Sammlung hauptsächlich mit den etablierten Sammelsystemen Öli und AFRA. Dabei wird zwischen häuslicher und gewerblicher Sammlung unterschieden. Rund 10 % der Gesamtmenge stammen aus der häuslichen Sammlung, der Rest aus der gewerblichen Sammlung (BMK, 2024). 150 t Altspeisefette wurden in Tirol zur Seifenherstellung verwendet, die restlichen 2.850 t wurden außerhalb von Tirol für die Biodieselherstellung genutzt. Die Altspeiseölanalyse des BMIMI attestiert den Altspeisefetten eine wichtige Rolle in der österreichischen Luftfahrtstrategie 2040+ zur Herstellung von SAF. Da die Sammelquoten im gewerblichen Bereich jedoch bereits sehr hoch sind, lassen diese nur noch eine geringe Steigerung zu. Die Mengen aus der häuslichen Sammlung können Prognosen zufolge jedoch noch deutlich gesteigert werden (Faktor 4,5). Somit wären in Tirol bei verbesserten Sammelquoten rund 4.050 t pro Jahr möglich.

6.1.5 Detailbetrachtung Kaffeetrester

Kaffeetrester nimmt unter den betrachteten organischen Abfällen eine Sonderstellung ein, weil er einen Modellfall für konzentriert anfallende Reststoffe aus Gewerbe und Gastronomie darstellt. Er fällt sortenrein, weitgehend störstofffrei und in gleichbleibender Zusammensetzung an, und dies an wenigen, klar identifizierbaren Stellen. Für Tirol lässt sich das Aufkommen aus dem Konsumverhalten abschätzen. Bei rund 560.000 kaffeetrinkenden Personen ab 15 Jahren, durchschnittlich drei Tassen täglich und einer Einwaage von 7 g Röstkaffee je Tasse ergeben sich rund 4.000 t aufgebrühter Röstkaffee pro Jahr. Da etwa 80 % der

Röstbohnenmasse als Trester zurückbleiben (abgeleitet aus Mussatto et al. (2011), entspricht dies einem Aufkommen von rund 3.200 t Trockenmasse beziehungsweise, bei einem Wassergehalt von rund 60 % im frischen Zustand (Bułkowska & Zielińska, 2025), rund 8.000 t Frischmasse.

Für die Verwertbarkeit ist weniger die Gesamtmenge maßgeblich als deren Verteilung auf die Anfallstellen. Der überwiegende Teil fällt in Privathaushalten in Mengen von wenigen Gramm je Zubereitung an und ist einer getrennten Erfassung damit nicht zugänglich. Erschließbar ist der außer Haus konsumierte Anteil, der in Gastronomie, Beherbergung, Bäckereien und an Arbeitsplätzen an wenigen Stellen in nutzbarer Menge zusammenkommt. Im deutschsprachigen Raum liegt dieser Anteil bei rund einem Viertel des Gesamtkonsums; für Tirol ist er angesichts von etwa 50 Mio. Nächtigungen pro Jahr höher anzusetzen. Bei einem angenommenen Anteil von 40 % ergibt sich eine gewerblich erfassbare Menge von rund 1.300 t Trockenmasse beziehungsweise rund 3.200 t Frischmasse pro Jahr. Limitierend wirkt, dass Kaffeetrester aufgrund seines hohen Feuchtigkeitsgehalts leicht verderblich ist und rasch von Mikroorganismen, insbesondere Schimmelpilzen, besiedelt wird. Diese Eigenschaft begrenzt die zulässige Verweildauer zwischen Anfall und Verarbeitung und stellt besondere Anforderungen an Sammlung, Zwischenlagerung und Transport (Bułkowska & Zielińska, 2025; Massaya et al., 2019).

6.1.5.1 Bioökonomische Handlungsfelder

Kaffeetrester besteht zu etwa 65 bis 75 % aus Lignocellulose, wobei Hemicellulose mit 35 bis 39 % den größten Anteil stellt, und enthält abhängig von Sorte und Röstgrad 10 bis 15 % Lipide sowie Proteine und Pflanzennährstoffe, darunter Stickstoff mit 1,2 bis 2,3 %, Kalium und Phosphor (Bułkowska & Zielińska, 2025; Cruz et al., 2012; Kondamudi et al., 2008). Da Kaffee mit Wasser extrahiert wird, gehen nur die wasserlöslichen Bestandteile in das Getränk über, während Lipide, unlösliche Kohlenhydrate und Lignin nahezu vollständig im Trester verbleiben. Diese Zusammensetzung legt eine kaskadische Nutzung nahe, bei der zunächst die höherwertigen Komponenten gewonnen und die verbleibende Fraktion anschließend stofflich oder als Dünger verwertet wird.

Am Anfang der Kaskade steht die Extraktion der Lipide, die zu Biotreibstoffen und kosmetischen Produkten sowie als Ausgangsstoffe für Biokunststoffe und Tenside weiterverarbeitet werden können. Der entölte Rückstand besteht überwiegend aus Cellulosefasern und eignet sich als Rohstoffergänzung für spezielle Papier- und Kartonprodukte oder, in Kombination mit Biopolymeren, für formbare und biologisch abbaubare Verbundwerkstoffe wie Behälter, Verpackungen und technische Formteile (Karmee, 2018).

Ein alternativer Pfad ist die Nutzung als Substrat für die Kultivierung von Speisepilzen. Saprobiontische Arten wie der Austernseitling (Pleurotus ostreatus) bauen die enthaltene Lignocellulose enzymatisch ab und wandeln sie in proteinreiche Biomasse um (A. Alsanad et al., 2021). Das verbrauchte Substrat kann anschließend kompostiert oder vergoren werden. Dieser Pfad setzt die Lebensmittelproduktion an den Anfang und erhält die Nährstoffrückführung am Ende, erfordert allerdings frischen und unverarbeiteten Trester und ist damit unmittelbar von der Sammellogistik abhängig. Am Ende beider Ketten steht die Verwertung der verbleibenden Fraktion als organischer Dünger oder in der anaeroben Vergärung, in der die enthaltenen Nährstoffe erhalten bleiben.

Begrenzend ist für Tirol somit nicht die stoffliche Wertigkeit, sondern der Anfallort. Erschließbar ist der gewerbliche Anteil an konzentrierten Anfallstellen – Hotellerie, Gastronomie, Bäckereien und größere Betriebsküchen –, für den sich eine getrennte Erfassung mit kurzen Wegen und geringer Verweildauer organisieren lässt. Für die in Privathaushalten anfallende Menge bleibt die Bioabfallsammlung der zutreffende Weg.

6.1.5.2 Praxisbeispiele

Das Wiener Unternehmen Hut & Stiel verfolgte bei seiner Gründung das Konzept, Kaffeetrester aus Restaurants und anderen Betrieben zu sammeln und als Substrat für die Produktion von Speisepilzen zu nutzen. Die Logistik erwies sich jedoch als zu aufwendig: Der Trester durfte maximal zwei Tage alt sein, da sonst Schimmelbefall drohte. Diese Anforderung machte den Sammelprozess ineffizient und das Gesamtkonzept wirtschaftlich nicht konkurrenzfähig. Inzwischen erfolgt die Produktion auf Basis eines standardisierten Fertigsubstrats, das von einem externen Anbieter bezogen wird (Stiedry, 2025).

Die Firma Beansaever im Burgenland produziert einen organischen Dünger aus 60 % Kaffeetrester, 20 % Schafwolle und 20 % Holz. Nach Angaben des Unternehmens ist die Rohstoffverfügbarkeit kein limitierender Faktor; entscheidend für die Wirtschaftlichkeit ist die Sammellogistik. Dabei hat sich gezeigt, dass die Sammlung in Privathaushalten weder ökonomisch noch ökologisch sinnvoll ist, weshalb der Fokus auf gewerblichen Betrieben mit ausreichend großen Mengen je Standort liegt. Für die Wirtschaftlichkeit sei zudem eine kaskadische Nutzung zentral: Zunächst sollten wertvolle Inhaltsstoffe wie Öle extrahiert werden, bevor Düngerproduktion und energetische Verwertung folgen (Amtmann, 2026).

Für die Aufbereitung gebrauchter Kaffeekapseln hat das Tiroler Unternehmen Höpperger ein Verfahren entwickelt, bei dem der Trester von der Aluminiumhülle getrennt wird. Der abgetrennte Trester wird in Vergärungsanlagen zur Biogaserzeugung eingesetzt, die Aluminiumfraktion geht in den Recyclingkreislauf. Das

Beispiel bestätigt den Befund zur Anfallstruktur: Erschlossen wird nicht der Trester als solcher, sondern ein Teilstrom, der über die Kapselsammlung bereits konzentriert vorliegt (Höpperger, 2026).

Das Berliner Unternehmen Kaffeeform stellt aus gesammeltem Kaffeetrester, Holzfasern und pflanzenbasierten Polymeren einen biobasierten Verbundwerkstoff her. Die Ausgangsmaterialien werden getrocknet und zu einem Granulat verarbeitet, aus dem langlebige Konsumprodukte wie Mehrwegbecher gefertigt werden. Das Material kommt ohne erdölbasierte Kunststoffe, Melaminharze, BPA, Formaldehyd und Weichmacher aus und steht damit für die Überführung eines biogenen Reststoffs in ein langlebiges Produkt (Kaffeeform, 2026).

6.1.6 Detailbetrachtung Tierische Nebenprodukte (Schlachtabfälle, Kadaver)

Die Einstufung tierischer Nebenprodukte in die Kategorien 1, 2 und 3 ist in Österreich nicht eigenständig national geregelt, sondern basiert unmittelbar auf europäischem Recht, insbesondere auf:

1. Verordnung (EG) Nr. 1069/2009
2. Verordnung (EU) Nr. 142/2011

Österreich setzt diese Vorgaben durch nationale Ausführungsbestimmungen um.

Kategorie 1 – höchstes Risiko

Material der Kategorie 1 muss zwingend entsorgt bzw. vernichtet werden. Beispiele: gefallene Tiere (z. B. verendete Nutztiere aus Stallhaltungen), Tiere mit Verdacht auf BSE, spezifisches Risikomaterial (SRM), etwa Gehirn oder Rückenmark, Heim-, Zoo- und Versuchstiere

Verwertung:

- keine stoffliche Nutzung zulässig
- thermische Verwertung bzw. Verbrennung

Kategorie 2 – hohes Risiko

Eine eingeschränkte technische Nutzung ist möglich.

Beispiele: Tiere, die nicht für den menschlichen Verzehr geschlachtet wurden, sofern sie nicht Kategorie 1 zuzuordnen sind sowie Mist, Gülle, Magen- und Darminhalte davon, Tiere mit bestimmten meldepflichtigen Krankheiten

Verwertung:

- Biogas- und Kompostieranlagen
- Herstellung organischer Düngemittel
- technische Nutzung nach entsprechender Behandlung

Eine Verwendung innerhalb der Lebensmittelkette ist ausgeschlossen.

Kategorie 3 – geringes Risiko

Material der Kategorie 3 ist weitgehend verwertbar.

Beispiele: Schlachtabfälle gesunder Tiere, Lebensmittel tierischen Ursprungs, die nicht mehr in Verkehr gebracht werden dürfen, jedoch hygienisch unbedenklich sind, Milch, Eier und Nebenprodukte aus der Lebensmittelproduktion

Verwertung:

- Herstellung von Heimtierfutter
- Gelatine und Kollagen
- Biodiesel

In Tirol wird die Entsorgung tierischer Nebenprodukte von zwei Unternehmen durchgeführt. Dabei erstreckt sich ein Einzugsgebiet auf den östlichen Teil Tirols ab Innsbruck, das andere auf den westlichen Landesteil. Die jährlichen Mengen der erzeugten tierischen Nebenprodukte werden an die Landesveterinärdirektion Tirol gemeldet. In Tabelle 3 sind die Jahresmengen für das Kalenderjahr 2025 dargestellt. In Tirol fielen im Jahr 2025 insgesamt rund 34.000 Tonnen tierische Nebenprodukte an. Davon sind 2.661 Tonnen den Kategorien 1 und 2 zuzuordnen. Diese Reststoffe wurden vollständig der Tierkörperverwertung zugeführt (Liening-Ewert, 2026).

Weitere 31.356 Tonnen sind der Kategorie 3 zuzuordnen. Dazu zählen unter anderem sämtliche Schlachtabfälle. Rund die Hälfte dieser Materialien wurde ebenfalls der Tierkörperverwertung zugeführt, während die andere Hälfte in Biogasanlagen behandelt wurde. Die gesamte Verwertung der tierischen Nebenprodukte erfolgte außerhalb von Tirol im Osten von Österreich.

Tierkadaver und Schlachtabfälle bestehen zu etwa 65 % aus Wasser, zu 25 % aus Feststoffen und zu 10 % aus Fett. Im Verarbeitungsprozess wird das Fett abgetrennt und anschließend in der Biodieselproduktion eingesetzt. Die festen Bestandteile werden zu Tiermehl weiterverarbeitet. Aufgrund möglicher Krankheitserreger darf dieses Tiermehl jedoch nicht frei verwertet werden. Es muss vielmehr unter streng definierten Bedingungen in speziellen Verbrennungsanlagen thermisch behandelt werden, um eine vollständige Hygienisierung sicherzustellen.

Darüber hinaus gab und gibt es Überlegungen, Tiermehl gemeinsam mit Klärschlamm zu verwerten. Ziel dieser Ansätze ist insbesondere die Rückgewinnung von Phosphor aus der dabei entstehenden Asche. Bislang konnte jedoch noch kein wirtschaftlich tragfähiges Konzept für diese Form der Nutzung etabliert werden.

Tabelle 3: Mengen an tierischen Nebenprodukten in Tirol 2025 und deren Verarbeitung. Daten: Liening-Ewert (2026).

Art/Kategorie der tierischen Neben-produkte	**Menge (t)**	**Verwertungs- und Entsorgungswege – Inland (in t)**			**Export (t)**
		Tierkörper-verwertung	**Biogas (Kompost)**	**Direkte Verbrennung**	
Kategorie 1 und 2	2.661	2.596		59	5
Kategorie 3	31.356	13.577	14.086		3.693
Gesamtmenge	34.017	16.173	14.086	59	3.698

6.1.6.1 Bioökonomische Handlungsfelder

Die Nutzung und Verarbeitung tierischer Nebenprodukte stellt eine hoch spezialisierte Form der bioökonomischen Verwertung dar. Für Tirol ergeben sich derzeit keine naheliegenden Verwertungsoptionen, mit Ausnahme der anaeroben Vergärung von Nebenprodukten beziehungsweise Abfällen der Kategorie 3. In diesem Bereich könnte in Abstimmung mit den Sammel- und Entsorgungsunternehmen eine regionale beziehungsweise lokale Verwertung im Rahmen weiterführender Untersuchungen geprüft werden.

6.1.7 Detailbetrachtung von Nebenprodukten aus der Industrie

Biogene Nebenprodukte aus der Industrie fallen sortenrein und weitgehend störstofffrei an und eignen sich damit grundsätzlich für eine kaskadische Nutzung in Bioraffinerien. Die Datengrundlage ist allerdings eingeschränkt, da betriebliche Mengen und Angaben zur Zusammensetzung überwiegend nicht zur Verfügung gestellt werden. In Tabelle 4 ist eine Zusammenstellung biogener Reststoffe dargestellt, die von verschiedenen Tiroler Betrieben zur Verfügung gestellt wurden. Wie bereits erwähnt, stellt dieser Überblick lediglich einen Auszug dar, da von der Mehrzahl der Betriebe keine Informationen zu den entsprechenden Nebenprodukt- bzw. Abfallströmen weitergegeben wurden. Insgesamt wurden 25 Betriebe angefragt, von denen 10 eine Rückmeldung gaben. Des Weiteren ist anzumerken, dass die hier aufgelisteten Mengen oft keine zusätzlichen Potenziale an biogenen Reststoffen darstellen, sondern in den meisten Fällen über den kommunalen Biomüll entsorgt werden und somit in den Abfallstatistiken bereits erfasst werden.

Tabelle 4: Detailbetrachtung von Nebenprodukten aus der Industrie.

Betrieb-Kürzel	**Bezeichnung**	**Jahresmenge**	**Info Beschreibung**
Betrieb A	Passierrückstände	251 t	Passierrückstände bestehen vor allem aus Samen beziehungsweise Kernen sowie sonstigen Fruchtresten, die bei der Vorbereitung von Früchten für die Herstellung von Marmeladen und Fruchtsäften abgetrennt werden.
	Sonstige Lebensmittelreste	64 t	Diese Fraktion besteht vor allem aus fehlerhaften Produktresten und solchen, die bei der Reinigung der leeren Transportgebinde anfallen.
Betrieb B	Überschüssige Hefe	30 m^3	Während der Gärung vermehrt sich die Hefe und nach der Gärung sind deutlich mehr Hefezellen vorhanden, als für den nächsten Brauvorgang benötigt werden. Überschusshefe wird derzeit in die kommunale Kläranlage eingeleitet.
	Biertreber	300 t	**Feste Rückstände aus den Getreideschalen und unlöslichen Bestandteilen des Malzes**, die nach dem Maischen bei der Bierherstellung übrigbleiben. Wird derzeit als Tierfutter eingesetzt.
Betrieb C	Überschüssige Hefe	20-60 m^3	Während der Gärung vermehrt sich die Hefe und nach der Gärung sind deutlich mehr Hefezellen vorhanden sind, als für den nächsten Brauvorgang benötigt werden. Überschusshefe wird derzeit in die kommunale Kläranlage eingeleitet.
	Biertreber	180 t	**Feste Rückstände aus den Getreideschalen und unlöslichen Bestandteilen des Malzes**, die nach dem Maischen bei der Bierherstellung übrigbleiben. Wird derzeit als Tierfutter eingesetzt.

Betrieb D	Reststoffe aus der landwirtschaftlichen Urproduktion	850 t	Feste Reststoffe aus der Ernte von Pilzen
	Reststoffe von aus der landwirtschaftlichen Urproduktion	7800 t	Mischung aus Aufzuchtsubstrat: Stroh, Hühnerkot, Torf
Betrieb E	Produktionsreste aus der Lebensmittelindustrie	1000 t	Teigreste, Mehlreste, Reste von Fertigprodukten, Saucen, Würste
Betrieb F	Gewerbliche Biotonne	241 t	Salat, Tomaten, Mehl, Orangenschalen, Kaffeetrester, Wurst
	Altbrot	447 t	Altbrot, Teigreste
Betrieb G	Produktionsreste	170 t	Nassteig, Nudeln
Betrieb H	Speisereste flüssig	800 t	Flüssige Speisereste als Tanksystem
Betrieb I	Fettabscheiderinhalte	598 t	Fettabscheiderinhalte
	Mischfett KAT3	327 t	Mischfett KAT3
	Tierische Nebenprodukte KAT 3	285 t	Tierische Nebenprodukte KAT 3
	Schwarten	104 t	Schwarten
	Tierische Nebenprodukte KAT 1+2	36 t	Tierische Nebenprodukte KAT 1+2
	Holzasche	60 t	Holzasche

6.2 **Stoffströme der Forst- und Holzwirtschaft**

Der Wald erfüllt mehrere Aufgaben gleichzeitig: Er schützt vor Naturgefahren, speichert CO_2 und liefert mit Holz einen nachhaltigen Rohstoff. Die Holzinitiative zählt zu den insgesamt acht Leuchttürmen der Bioökonomie in Österreich (BMLUK, 2026). Die Waldfläche in Tirol beträgt laut aktuellen Zahlen der Landwirtschaftskammer Tirol rund 521.000 ha und nimmt etwa 42 % der Landesfläche ein (Haaser, 2026). Rund 66 % dieser Waldfläche dienen als Schutzwald. Der Holzeinschlag lag im Jahr 2025 bei knapp 1,8 Mio. Erntefestmetern (EFM) ohne Rinde (BMLUK, 2025). Davon entfielen 76,6 % auf Rohholz zur stofflichen und 23,4 % auf Rohholz zur energetischen Nutzung.

Im Rahmen einer Initiative der Bioeconomy Austria erstellte proHolz Tirol gemeinsam mit Stakeholdern der Forst- und Holzbranche ein Fließbild der Tiroler Holzströme für das Jahr 2022 (Abbildung 6). Darin sind neben den Holzmengen aus den Tiroler Wäldern auch die Importmengen und deren Verarbeitung abgebildet. Deutlich wird dabei die Größe der Tiroler Sägeindustrie, die mit 4,05 Mio. Festmeter (fm) weit mehr Holz verarbeitet, als im Land selbst anfällt. Dem Einschlag von rund 2,0 Mio. fm (mit Rinde) stehen Importe von 2,65 Mio. fm gegenüber, von denen rund 2,21 Mio. fm aus dem angrenzenden Raum stammen (übriges Österreich, Bayern, Südtirol, Schweiz). Die Tiroler Holzwirtschaft ist damit weniger durch die Verfügbarkeit heimischen Holzes als durch die Rohstoffmärkte des Nachbarraums bestimmt. Während im Import Rundholz dominiert, entfallen im Export rund 2,06 Mio. fm auf Schnittholz und Halbfertigprodukte. Die weiterverarbeitenden Betriebe verarbeiten deutlich geringere Holzmengen. Auf Zimmerei und Holzbau entfallen 165.000 fm, auf Tischlerei und Holzgestaltung 42.000 fm. Ihre Wertschöpfung bleibt jedoch in der Region, da rund 150.000 fm der insgesamt 207.000 fm eingesetzten Holzmenge in Form von hochwertigen Tischlerei- und Zimmereiprodukten in Tirol verbleiben. (proHolz Tirol, 2026)

6.2.1.1 Wertschöpfung der Forst- und Holzwirtschaft in Österreich und Tirol

Die Angaben zur Wertschöpfung und zu den Beschäftigten in der Forstwirtschaft und Holzindustrie beziehen sich auf das Jahr 2023 und stammen aus der Studie „Die volks- und regionalwirtschaftliche Bedeutung der Forst- und Holzwirtschaft in Österreich" (econmove, 2025). Die Forst- und Holzwirtschaft wird über vier aufeinander aufbauende Definitionsstufen abgegrenzt. Die erste Stufe, die Forstwirtschaft, umfasst alle Waren und Dienstleistungen rund um die Bereitstellung von Holz – von der Pflanzung über die Aufzucht bis zur Ernte. Im “engsten Sinn” kommen jene Sektoren hinzu, die ihre Vorleistungen direkt aus der Forstwirtschaft beziehen, namentlich die Säge- sowie die Papier- und Pappeindustrie. Im “engeren Sinn” werden zusätzlich alle Branchen erfasst, die auf den Vorleistungen dieser Sektoren aufbauen, etwa die Möbelherstellung, das Bauwesen oder Druckereien. Die Holzwirtschaft im weiteren Sinn umfasst zusätzlich übergeordnete und unterstützende Sektoren, Verwaltung, Verbände, Bildung und Forschung und Entwicklung.

Für Österreich lagen die Umsätze in der Holzindustrie entlang der gesamten Wertschöpfungskette im Jahr 2023 bei 122 Mrd. €. Die direkte Bruttowertschöpfung betrug 26,5 Mrd. €, was rund 6,2 % der heimischen Wirtschaftsleistung entspricht. Inklusive indirekter und induzierter Effekte wird die gesamte Bruttowertschöpfung mit 43,1 Mrd. € angenommen. Somit steht jeder zehnte Euro mit dem Rohstoff Holz in Verbindung. In der Forst- und Holzwirtschaft sind rund 245.000 Personen beschäftigt; entlang der gesamten Wertschöpfungskette sind es fast 444.000 Arbeitsplätze. (econmove, 2025)

Schlüsselt man die Wertschöpfung der Tiroler Forst- und Holzindustrie auf die einzelnen Bereiche aus, so ergibt sich eine Bruttowertschöpfung für die Tiroler Forstwirtschaft von 146,5 Mio. €. Für die Holzwirtschaft im engsten Sinn erreicht die Bruttowertschöpfung in Tirol bereits 1.994 Mio. € und damit österreichweit Platz drei. Dies bestätigt die überdurchschnittliche Stärke der Tiroler Sägeindustrie. Bei der Holzwirtschaft im engeren Sinn liegt die Bruttowertschöpfung bei 2.858,2 Mio. €. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei den Beschäftigten. In der Tiroler Forstwirtschaft sind laut Statistik 488 Vollzeitäquivalente (VZÄ) erfasst, bei der Holzwirtschaft im engsten Sinn bereits 9.239 VZÄ und im engeren Sinn 19.171 VZÄ. Diese Zahlen unterstreichen die Bedeutung der Forst- und Holzwirtschaft für das Land Tirol. (econmove, 2025)

6.2.1.2 Bioökonomische Handlungsfelder

Aus ökonomischer Sicht bleibt die regionale Wertschöpfung in der Tiroler Holzwirtschaft hinter ihren Möglichkeiten zurück. Der Schwerpunkt liegt derzeit auf der rohstoffnahen Erstverarbeitung zu Säge- und Halbfertigprodukten. Das größte Potenzial besteht jedoch in den Sparten mit der höchsten Wertschöpfung, insbesondere in den Bereichen Tischlereiprodukte, Zimmerei und Holzbau. Gerade im Tischlereibereich könnten Maßnahmen zur Förderung der Internationalisierung und des Exports sowie zur Unterstützung von Forschung, Entwicklung und Innovation wesentlich zur Erschließung zusätzlicher Wertschöpfungspotenziale beitragen. Hinzu kommt eine Veränderung der Rohstoffbasis in den Tiroler Wäldern. Mit dem klimabedingten Waldumbau, dem Rückgang der Fichte und der gezielten Einbringung von Lärche, Tanne, Kiefer und Laubbaumarten verschiebt sich die Baumartenzusammensetzung mittel- bis langfristig, und damit der Rohstoff, auf dem die verarbeitenden Betriebe aufbauen (Land Tirol, 2026). Die bestehende Verarbeitungsstruktur ist darauf nur begrenzt ausgelegt: 2025 entfielen noch rund 85 % des österreichischen Holzeinschlags auf Nadelholz (BMLUK, 2026). Der Fachverband der Holzindustrie sieht im anhaltenden Trend zu Laub- und Mischwald selbst eine Herausforderung für die Wertschöpfungskette (Fachverband der Holzindustrie Österreichs, 2026). Höhere regionale Wertschöpfung ist daher nicht allein eine Frage zusätzlicher Verarbeitungsstufen, sondern auch der Fähigkeit, veränderte Sortimente – insbesondere mehr Laubholz – wirtschaftlich zu verwerten.

Um die Wertschöpfung in der Tiroler Holzwirtschaft nachhaltig zu steigern, sind Maßnahmen auf drei Ebenen erforderlich: bei der Nachfrage, in der Planungsphase und auf der Rohstoffseite. Den unmittelbarsten Ansatzpunkt bietet der öffentliche Bau. Öffentliche Auftraggeber wirken dabei doppelt – als Nachfrager und als Referenzgeber für private Bauträger. Ihr zentrales Steuerungsinstrument ist die Vergabe: Entsprechende Kriterien liegen mit dem Aktionsplan nachhaltige öffentliche Beschaffung (naBe-Kriterien) bereits vor, gelten jedoch nur für Bundesstellen verpflichtend, während sie für Länder und Gemeinden Empfehlungscharakter haben. Eine verbindliche Anwendung auf Landes- und geförderte Gemeindebauten wäre daher ein wirksamer

Ansatzpunkt. Solche Impulse wirken allerdings nur, wenn die Entscheidung über die Bauweise noch nicht gefallen ist. Der Engpass beim mehrgeschossigen Holzbau liegt weniger in der Fertigungskapazität als in der frühen Planungsphase, in der diese Entscheidung fällt. Genau an diesem entscheidenden Punkt der Projektentwicklung setzt die firmenneutrale Holz(bau)fachberatung an. Während ein entsprechendes Beratungsangebot in Tirol bereits seit den frühen 2000er-Jahren durch proHolz Tirol bereitgestellt wird, wurde dieses Service, das auch in anderen Bundesländern etabliert ist, ab 2023 mit Mitteln des Österreichischen Waldfonds (BMLUK) in Kooperation mit proHolz Austria und den proHolz-Organisationen der Bundesländer österreichweit ausgebaut. In Tirol besteht bei den Mitteln für Beratung und Wissenstransfer noch Entwicklungspotenzial. Eine Aufstockung wäre, gemessen am ausgelösten Investitionsvolumen, ein kostengünstiger Hebel. Mittel- bis langfristig wird die Rohstoffseite darüber entscheiden, ob diese Nachfrage regional bedient werden kann. Der Waldumbau erhöht den Anteil an Laubholz und Nadelmischbaumarten, während die Erstverarbeitung nahezu ausschließlich auf Nadelholz ausgerichtet ist. Erforderlich sind daher Pilot- und Demonstrationsvorhaben für Laubholz-Bauprodukte. Um die gesamte Wertschöpfungskette Holz zukunftsfähig zu machen, braucht es in Österreich entsprechende Forschung und Entwicklung – von der Produktentwicklung über die Prüfung bis zur Zulassung. Universitäten sowie Forschungs- und Prüfeinrichtungen leisten dazu wesentliche Beiträge, beispielsweise die Holzforschung Austria, die die gesamte Kette vom Rohstoff bis zum Endprodukt bearbeitet (Holzforschung Austria, 2026). In Tirol forscht der Arbeitsbereich für Holzbau der Universität Innsbruck in den Schwerpunkten Ingenieurholzbau und Bauphysik im Holzbau und entwickelt dabei innovative, ressourceneffiziente Konstruktions-, Verbindungs- und Bauphysiklösungen.

Über Tirol hinaus verdeutlichen integrierte Bioraffinerien das Prinzip einer bioökonomischen Wertschöpfung. Die AustroCel Hallein (Salzburg) verarbeitet Restholz der Sägeindustrie zu Textil-Zellstoff, nutzt die verbleibenden Holzzucker zu Bioethanol und verwertet die Reststoffe energetisch zu Strom und Fernwärme; nach Unternehmensangaben werden bis zu 98 % der eingesetzten industriellen Holzreste verwertet (AustroCel, 2026). Die Lenzing AG (Oberösterreich) gewinnt aus Holzzellstoff Cellulosefasern wie Lyocell (Markenname TENCEL) in einem nahezu geschlossenen Stoffkreislauf, in dem laut Unternehmensangaben über 99,8 % des Lösungsmittels rückgeführt werden (Lenzing, 2023). Beide Beispiele stehen für eine möglichst vollständige Nutzung des Rohstoffs Holz und für die hohe Wertschöpfung, die in der stofflichen Weiterverarbeitung liegt. Sie unterstreichen, dass das bislang ungenutzte Wertschöpfungspotenzial in Tirol nicht nur im Holzbau, sondern auch in der stofflichen Höherverwertung von Nebenprodukten liegt.

Zusammenfassend sind für Tirol kurz- bis mittelfristig jene bioökonomischen Ansätze realistisch, die auf bestehenden Strukturen aufbauen: die höherwertige Nutzung im Holzbau, in Zimmerei und Tischlerei sowie die stoffliche Aufwertung von Sägenebenprodukten. Der Aufbau einer holzbasierten Bioraffinerie nach dem

Muster von Hallein oder Lenzing bleibt demgegenüber eine langfristige Perspektive. Derartige Anlagen setzen einen Zellstoffaufschluss im industriellen Maßstab voraus – eine Struktur, die in Tirol nicht vorhanden ist. Ein Neuaufbau wäre mit sehr hohem Investitionsbedarf verbunden und erscheint unter den derzeitigen Rahmenbedingungen wenig realistisch.

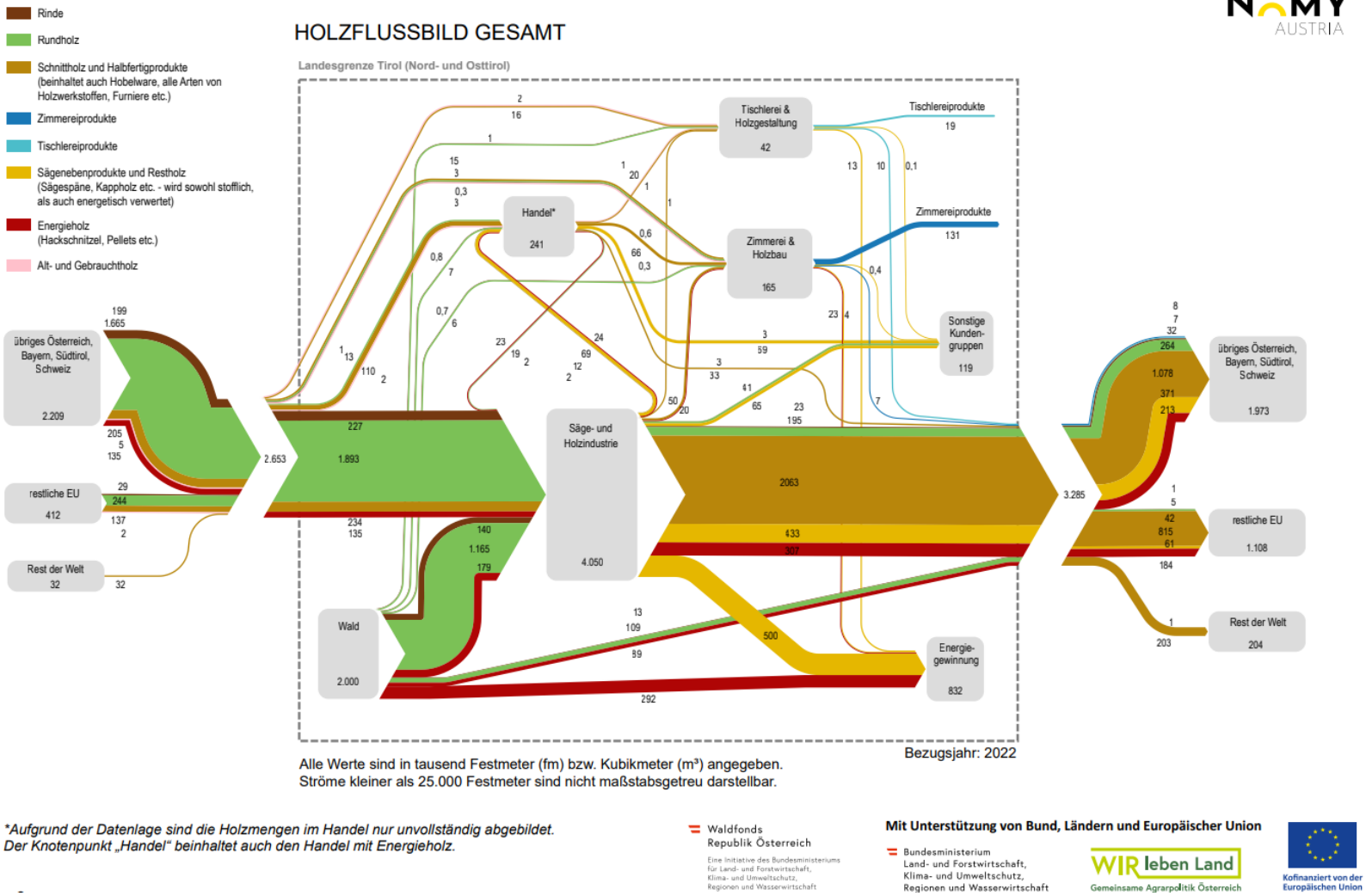


Abbildung 6: Holzflussbild für Tirol. Dargestellt sind Holzströme nach, in und aus Tirol. Werte sind in tausend Festmeter angegeben. Bezugsjahr 2022 (proHolz Tirol, 2026)

6.3 **Reststoffe der Landwirtschaft in Tirol**

Die Tiroler Landwirtschaft ist dominiert durch Grünland- und Milchviehwirtschaft. Ackerbau spielt im Verhältnis eine untergeordnete Rolle. Dies spiegelt sich auch in der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Tirol wider. Laut Agrarstrukturerhebung (2020) beträgt diese 225.275 ha. Mit 125.587 ha entfallen rund 55,8 % auf Almen und Bergmähder. Weitere 40,6 % entfallen auf die Grünlandwirtschaft (mehrmähdige Wiesen, Hutweiden, Kulturweiden, etc.). Ackerflächen machen 3,4 % (7.650 ha) und Gärten, Weingärten und Obstanlagen 0,12 % (281 ha) der in Tirol landwirtschaftlich genutzten Fläche aus.

Die Mengen an Reststoffen der Tiroler Landwirtschaft (ohne Holzwirtschaft) wurden basierend auf Daten der Statistik Austria berechnet (Statistik Austria, 2026e). Die Mengen sind in Abbildung 7 dargestellt.

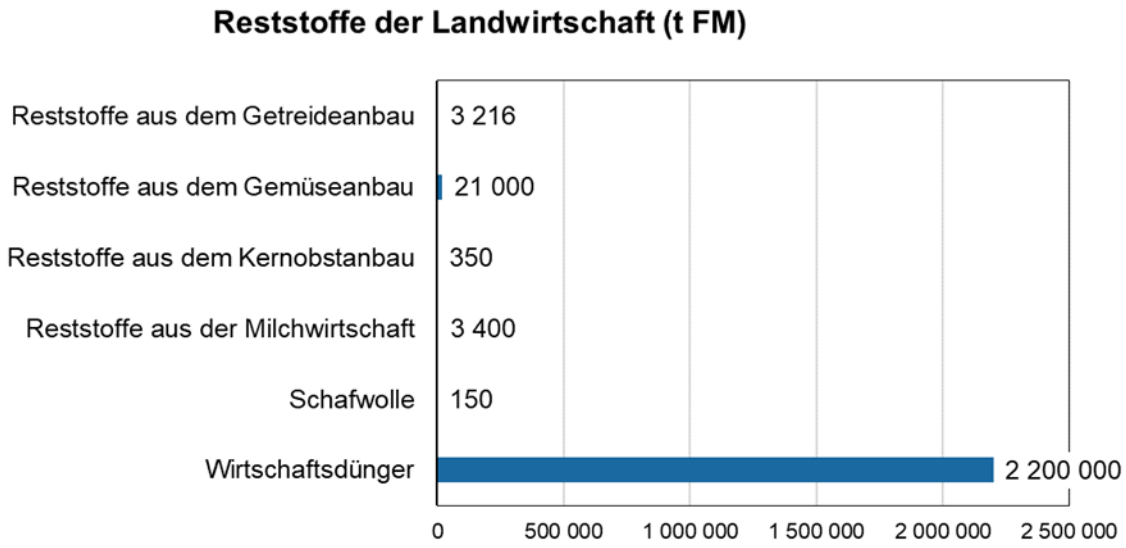


Abbildung 7: Reststoffe aus der Tiroler Landwirtschaft (Daten: Statistik Austria (2026e)).

6.3.1 Wirtschaftsdünger

Wirtschaftsdünger (Gülle, Mist, Jauche) bilden mit rund 2,2 Mio. m³ pro Jahr die mengenmäßig größte Stoffgruppe; nicht erfasst sind dabei die während Weidegang und Alpung direkt auf der Fläche anfallenden Ausscheidungen. Der Wirtschaftsdünger wird in Tirol nahezu vollständig auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht und dient dort als organischer Dünger. Ausgeprägte Überschussregionen, in denen der Anfall die zulässige Ausbringungsmenge übersteigt, bestehen in Tirol kaum.

6.3.1.1 Bioökonomische Handlungsfelder

Wirtschaftsdünger können wirtschaftlich sinnvoll in gemeinschaftlichen Biogasanlagen energetisch genutzt werden. Dabei wird der Wirtschaftsdünger mehrerer landwirtschaftlicher Betriebe zu einer gemeinschaftlichen Anlage transportiert (Güllelogistik) und dort vergoren (González et al., 2023). Das technische Potenzial in Tirol liegt in etwa bei 50 % der verfügbaren Menge, bedingt durch die klein strukturierte Landwirtschaft und die topographischen Gegebenheiten in Tirol. Als Produkte entstehen Biogas und Gärrest. Das Energiepotenzial der technisch nutzbaren Menge liegt in Tirol bei 194 GWh. Das Biogas kann entweder in einem Blockheizkraftwerk direkt verstromt und die anfallende Wärme genutzt werden oder es wird zu Biomethan aufbereitet und in das Gasnetz eingespeist, wo es fossiles Erdgas ersetzt. Neben der energetischen Nutzung verändert die Vergärung auch die Eigenschaften des Wirtschaftsdüngers. Gärreste weisen gegenüber unvergorenen Wirtschaftsdüngern höhere Ammonium-zu-Gesamtstickstoff-Verhältnisse, geringere Gehalte an organischer Substanz und organischem Kohlenstoff, engere C/N-Verhältnisse, erhöhte pH-Werte und eine verringerte Viskosität auf (Möller & Müller, 2012). Zudem werden die Stickstoffverluste, die normalerweise bei der offenen Lagerung von Wirtschaftsdünger auftreten, deutlich reduziert. Weiters verbessern sich die Fließfähigkeit und es verringern sich die Geruchsemissionen (Lemes et al., 2023). All dies führt dazu, dass sich die Qualität des Gärrests in Bezug auf Handhabung, Düngewirkung und Humusbildung verbessert.

Wenn ein Überschuss an Gärrest anfällt, der nicht direkt verwertet werden kann, kann dieser durch weitere Aufbereitungsschritte weiter veredelt werden. Der Gärrest hat jedoch eine geringe Nährstoffdichte bei hohem Volumen und daraus ergeben sich Nachteile wie hohe Transport- und Lagerkosten und eine gegenüber Mineraldünger schlechtere Steuerbarkeit der Nährstoffgabe. Daher bedarf es einer Aufbereitung, welche das Volumen reduziert, Stickstoff und Phosphor trennt um daraus definierte, dosierbare Düngerprodukte zu erzeugen. Den Einstieg bildet in allen Verfahrensketten die Fest-Flüssig-Trennung (Hjorth et al., 2010). Die Feststofffraktion enthält organische Substanz und ist reich an Phosphor mit hoher Transportwürdigkeit; Stickstoff und Kalium verbleiben überwiegend in der Flüssigphase (Möller & Müller, 2012).

Aus der Feststofffraktion lässt sich ein streufähiger organischer Dünger in Pelletform herstellen. Dazu wird das Material zunächst getrocknet und anschließend pelletiert. Das Produkt ist lagerstabil, staubarm, mit üblicher Düngerstreutechnik ausbringbar und aufgrund der Volumenreduktion über größere Entfernungen transportwürdig – damit wird der Nährstoff aus der Fläche gelöst, an die er als Gärrest gebunden war. Da die Trocknung mit Ammoniakverlusten einhergeht, sind die Pellets phosphor- und kohlenstoffbetont und stickstoffarm (Pantelopoulos et al., 2016). Absatzmärkte bestehen im Garten- und Sonderkulturbau sowie im Biolandbau.

Die Flüssigphase kann mit weiterführenden Verfahren weiter aufbereitet werden. Etabliert sind im Wesentlichen drei Routen: die Membranfiltration mittels Ultrafiltration und Umkehrosmose, bei der ein aufkonzentriertes Nährstoffkonzentrat und ein weitgehend nährstofffreies Permeat entstehen; die Vakuumverdampfung zur Aufkonzentrierung der Flüssigphase; sowie die Ammoniakstrippung mit anschließender saurer Absorption, deren Produkt eine Ammoniumsulfatlösung ist (Vaneeckhaute et al., 2016). Der begrenzende Faktor ist der Energiebedarf: Strippung und Eindampfung sind wärmeintensiv und nur dann wirtschaftlich darstellbar, wenn Abwärme aus einer Biogasanlage oder einer anderen Quelle zur Verfügung steht. Die Nährstoffaufbereitung ist daher kein eigenständiger Pfad, sondern eine Nachschaltung zur Vergärung. Hinzu kommen Skaleneffekte, die erst bei größeren Durchsatzmengen greifen.

Für Tirol ist die Umsetzbarkeit vor diesem Hintergrund als gering einzustufen. Es fehlen sowohl der regulatorische Treiber – ausgeprägte Überschussregionen mit Ausbringungsbeschränkung bestehen kaum – als auch die für eine wirtschaftliche Aufbereitung erforderlichen Anlagengrößen. Realistisch umsetzbar ist die Separation als erste Stufe, die bereits ohne weitergehende Aufbereitung Vorteile bei Lagerung, Transport und Ausbringung bringt.

6.3.2 Grünland und Grasbiomasse

Das Dauergrünland stellt die mengenmäßig mit Abstand größte biogene Biomasse Tirols. Nach der Ernteerhebung 2025 wurden auf 77.608 ha Wiesen-, Klee- und Egartflächen rund 617.800 t Heuäquivalent geerntet, das entspricht 9,5 % der österreichischen Erntemenge. Hinzu kommen 3.037 ha Silo- und Grünmais mit rund 151.000 t Grünmasse (Statistik Austria, 2026c). Nicht in der Erntemenge enthalten sind die Almen und Bergmähder, die mit 125.587 ha mehr als die Hälfte der landwirtschaftlich genutzten Fläche ausmachen, überwiegend beweidet werden und daher nicht als Ernte ausgewiesen sind.

Anders als die übrigen in diesem Kapitel betrachteten Ströme ist der Grünlandaufwuchs kein Reststoff, sondern das Primärprodukt der Tiroler Landwirtschaft und Futtergrundlage für rund 181.000 Rinder sowie 83.000 Schafe. Unter den gegenwärtigen Bedingungen steht er für eine stoffliche Verwertung nicht zur Verfügung, da eine Ausschleusung von Futter durch Zukauf ausgeglichen werden müsste. Eine Ausnahme bildet das extensiv bewirtschaftete Grünland: Auf einmähdige Wiesen und Streuwiesen entfallen 3.676 ha mit rund 15.400 t Heuäquivalent, dessen Verdaulichkeit als Grundfutter um mindestens 20 % unter jener von Intensivgrünland liegt (Krenz & Pleissner, 2022).

6.3.2.1 Bioökonomische Handlungsfelder

Der stofflich am weitesten entwickelte Pfad ist die Grüne Bioraffinerie. Der Aufwuchs wird mechanisch in einen proteinreichen Grassaft und einen faserreichen Presskuchen getrennt. Aus dem Saft lassen sich

Blattproteinkonzentrate als Eiweißfuttermittel für Monogastrier (Santamaría-Fernández & Lübeck, 2020), Aminosäuren sowie Milchsäure als Vorstufe biobasierter Kunststoffe gewinnen; der Presskuchen bleibt als Wiederkäuerfutter nutzbar oder geht in die Vergärung (Gaffey et al., 2023). Für silierte Wiesengrashydrolysate werden Milchsäureausbeuten von rund 240 kg je Tonne Frischmasse bei gleichzeitig um 17 % erhöhter Methanausbeute des Restmaterials berichtet (Chopda et al., 2024). Die 2025 in Betrieb genommene österreichische Referenzanlage in Japons im Waldviertel ist auf bis zu 10.000 t Grüngut jährlich aus rund 65 Betrieben ausgelegt (top agrar, 2025).

Der Pfad ist für Tirol nicht als gegenwärtige Verwertungsoption zu bewerten, sondern als mögliches Zukunftsszenario. Er wird erst dann relevant, wenn der Grünlandaufwuchs infolge einer rückläufigen Rinder- und Milchviehhaltung nicht mehr vollständig als Grundfutter gebunden ist. Der zugrunde liegende Strukturwandel ist quantitativ dokumentiert, da die Zahl der Tiroler Milchlieferanten rückläufig ist. Die jährliche Abgangsrate lag für Tirol bei 1,6 %; österreichweit betrug sie 3,3 % beziehungsweise rund 9 % über den Zeitraum 2016 bis 2020. Tirol weist zugleich die geringste durchschnittliche Anlieferungsmenge je Betrieb aller Bundesländer auf, sodass die Fixkostendegression schwach ausgeprägt und die Sensitivität gegenüber Erzeugerpreis- und Kostenänderungen entsprechend hoch ist (AMA, 2024). Entfällt die Tierhaltung auf einer Fläche, entfällt zugleich der einzige wirtschaftliche Grund, sie zu mähen; das Ergebnis wäre dann kein frei verfügbarer Rohstoff, sondern Nutzungsaufgabe mit Verbuschung und nachlassender Schutzfunktion. Die Grüne Bioraffinerie ist daher ein Verwertungspfad, der die Mahd auch ohne Tierhaltung wirtschaftlich begründen und damit die Flächenbewirtschaftung von der Viehhaltung entkoppeln könnte. Der Absatzmarkt wäre dabei von der regionalen Tierhaltung unabhängig. Europa deckt seinen Eiweißfuttermittelbedarf überwiegend aus Sojaimporten, und Grasprotein gilt als energieeffiziente heimische Alternative, mit der Europa hochwertiges Eiweiß in größerem Umfang selbst erzeugen könnte (Njakou Djomo et al., 2020).

Im aktuellen Szenario folgt gegenwärtig keine Anlagenempfehlung, wohl aber die Notwendigkeit, den Pfad planerisch offenzuhalten. Erforderlich ist zunächst ein Monitoring der Flächen- und Betriebsentwicklung, um die räumliche und zeitliche Verteilung eines möglichen Rückzugs der Tierhaltung auf Talschaftsebene auflöst. Erreicht das daraus abgeleitete Aufkommen die Größenordnung der Referenzanlage, ist eine Machbarkeitsbetrachtung mit Standortanalyse, Einzugsradius und Sammellogistik anzuschließen. Die Silierfähigkeit des Aufwuchses erlaubt dabei eine ganzjährige Anlagenauslastung bei saisonaler Ernte. Parallel ist der fachliche Anschluss an bestehende Anlagenbetreiber:innen und Forschungseinrichtungen sinnvoll. Vor jeder Investitionsentscheidung ist die Absatzseite zu klären, da die Verwendung des Proteins als Lebensmittel eine Zulassung nach der Verordnung (EU) 2015/2283 über neuartige Lebensmittel voraussetzt und die Futtermittelverwertung als Rückfallebene zu bewerten ist.

6.3.3 Reststoffe aus dem Gemüseanbau

Der Tiroler Ackerbau ist stark vom Gemüsebau geprägt. In diesem Segment fallen jährlich rund 21.000 t Reststoffe an, die aus den regional angebauten Gemüsearten und Hackfrüchten stammen – unter anderem Kartoffeln, Radieschen, Karotten, Salate und Kraut (Rohrer & Wagner, 2023). Rund 45 % der Gemüsereststoffe entfallen auf den genießbaren Anteil, die restlichen 55 % setzten sich aus dem ungenießbaren Anteil und Putzverlusten zusammen. Einer höherwertigen Nutzung werden diese Reststoffe derzeit nicht zugeführt.

6.3.3.1 Bioökonomische Handlungsfelder

Der genießbare Anteil bildet mengenmäßig die bedeutendste Einzelfraktion der Gemüsereststoffe. Es handelt sich um Ware, die aufgrund optischer Mängel oder abweichender Form nicht marktkonform ist oder infolge von Marktüberschüssen und fehlender Absatzmöglichkeit nicht in den Handel gelangt. Qualitativ und hygienisch ist die Ware jedoch einwandfrei. Sowohl nach der abfallwirtschaftlichen Hierarchie als auch aus ökologischer und ökonomischer Sicht ist für diese Fraktion die Nutzung als Lebensmittel jeder energetischen oder stofflichen Verwertung eindeutig vorzuziehen (Papargyropoulou et al., 2014). Erschließbar ist sie über drei Kanäle: die Vermarktung als Ware zweiter Qualität an Abnehmer, für die die Handelsnorm nachrangig ist (Gemeinschaftsverpflegung, Gastronomie und Hotellerie); die erlösfreie, jedoch kommunikationswirksame Weitergabe über soziale Einrichtungen; sowie die Veredelung zu haltbaren Erzeugnissen mittels Lohnverarbeitung bei bestehenden regionalen Verarbeitern als wertschöpfungsstärkste Variante. Begrenzend wirkt dabei nicht die Produktqualität, sondern die Logistik: Das Aufkommen schwankt saisonal stark, tritt kurzfristig und in wechselnden Mengen auf und erfordert eine durchgehende Kühlkette sowie einen Sortier- und Aufbereitungsaufwand, dem auf Seiten der Produzenten kein kostendeckender Erlös gegenübersteht. Ohne eine koordinierende Vermittlungsstelle, die Angebot und Bedarf kurzfristig zusammenführt und die Kleinmengenlogistik bündelt, ist der genießbare Anteil daher nur teilweise mobilisierbar; die verbleibende Menge ist über nachgelagerte Verwertungspfade zu führen.

Für den nicht mehr als Lebensmittel verwertbaren Anteil von rund 11.500 t/a, zuzüglich des nicht mobilisierbaren Teils der genießbaren Fraktion, stellt die anaerobe Vergärung gemeinsam mit Wirtschaftsdüngern den technisch robustesten und am kurzfristigsten umsetzbaren Verwertungspfad dar (Rohrer & Wagner, 2023). Gemüsereststoffe lassen sich in der Co-Vergärung sowohl energetisch als auch stofflich vollständig nutzen: Neben dem Energieertrag bleiben die enthaltenen Nährstoffe im Gärrest erhalten und stehen der landwirtschaftlichen Verwertung weiterhin zur Verfügung. Der wesentliche Mehrwert liegt dabei in der Aufwertung eines gülledominierten Substratmixes — die energiereicheren Gemüsereststoffe heben den Gasertrag der reinen Güllevergärung spürbar an, und dies bei geringen oder gänzlich entfallenden Beschaffungskosten. Für eine gleichmäßige Anlagenauslastung ist zu berücksichtigen, dass das Aufkommen

überwiegend in die Vegetationsperiode von April bis November fällt und das Material rasch verdirbt; eine Konservierung durch Silierung oder eine abgestimmt gestaffelte Anlieferung ist daher von Vorteil. Der anfallende Gärrest ist stickstoff- und kaliumreich und entspricht damit dem hohen Nährstoffbedarf des Gemüsebaus, sodass sich der Stoffkreislauf regional schließen lässt: Die auf den Tiroler Gemüseflächen entzogenen Nährstoffe gelangen über den Gärrest auf ebendiese Flächen zurück, mineralischer Düngereinsatz wird substituiert und die Transportwege bleiben auf das Anbaugebiet im mittleren Inntal beschränkt.

Alternativ zur Vergärung wäre für dieselbe Reststoffmenge eine höherwertige stoffliche Nutzung in Bioraffineriekonzepten denkbar, die technisch grundsätzlich machbar ist. Gewinnbar sind daraus insbesondere Blattprotein aus den blattreichen Fraktionen des Kohl-, Karotten- und Rote-Rüben-Anbaus, spezifische Wertstoffe wie Betalaine, Glucosinolate, Carotinoide und Pektine sowie über fermentative Verfahren Plattformchemikalien wie Milch- oder Bernsteinsäure aus zuckerreichen Teilfraktionen (Martins et al., 2020; Shinali et al., 2024). Einer Umsetzung in Tirol stehen jedoch die kleinen und saisonal stark schwankenden Mengen, der erhebliche Anlagen- und Zulassungsaufwand, die begrenzte Technologiereife, ein unklarer Marktzugang und das Fehlen eines regionalen Verarbeitungsstandorts entgegen. Diese Pfade sind daher als Forschungs- und Entwicklungsperspektive einzuordnen und nicht als Handlungsempfehlung.

6.3.4 Reststoffe aus dem Getreideanbau

Die Reststoffe aus dem Getreideanbau fallen im Wesentlichen als Getreidestroh an; hinzu kommen in geringem Umfang Spreu sowie Reinigungs- und Trocknungsrückstände aus der zentralen Getreideaufbereitung. Bei einer Anbaufläche von rund 800 ha ergibt sich ein Strohaufkommen von etwa 3.200 t FM/a. Ein Teil davon verbleibt zur Erhaltung der Humusbilanz auf den Ackerflächen, die verbleibende Menge wird in der Landwirtschaft als Einstreu in den Ställen eingesetzt und gelangt anschließend gemeinsam mit den tierischen Ausscheidungen als Wirtschaftsdünger auf die Flächen zurück. Aufgrund der hohen Viehdichte bei gleichzeitig sehr geringem Ackerflächenanteil besteht in Tirol ohnehin ein struktureller Strohbedarf, der die heimische Produktion übersteigt und durch Zukauf aus anderen Bundesländern gedeckt wird. Das regionale Strohaufkommen steht damit für zusätzliche, eigenständige Verwertungspfade nicht zur Verfügung; eine alternative Nutzung würde lediglich zu einem entsprechend höheren Strohimport führen. Festzuhalten ist zugleich, dass die bestehende Verwendung als Einstreu mit nachfolgender Rückführung über den Wirtschaftsdünger bereits eine Kaskadennutzung darstellt und einer späteren energetischen Nutzung nicht entgegensteht, sofern Festmist als Substrat in Biogasanlagen eingesetzt wird.

6.3.4.1 Bioökonomische Handlungsfelder

Getreidestroh besteht zu rund 40 % aus Cellulose, 25–30 % Hemicellulose und 15–25 % Lignin und ist damit ein grundsätzlich attraktiver Rohstoff für die stoffliche Verwertung. Unter den möglichen Nutzungspfaden ist die baustoffliche Verwendung als Dämmstoff und im Strohballenbau der mit Abstand niederschwelligste. Sie erfordert keine weitere Verarbeitung des Rohstoffs, erlaubt gegenüber expandiertem Polystyrol eine Verminderung des Energieeinsatzes um bis zu 90 % und bindet den Kohlenstoff über die Lebensdauer des Gebäudes langfristig; am Ende der Nutzung fällt biologisch abbaubares statt fossiles Abfallmaterial an (Asdrubali et al., 2015; Reinberg, 2020). Fragen der Zertifizierung, Logistik und Qualitätssicherung wurden für den österreichischen Kontext bereits in einem eigenen Forschungsprojekt bearbeitet (Reinberg, 2020). Als einziger der betrachteten Pfade sieht die baustoffliche Nutzung allerdings keine Rückführung der im Stroh enthaltenen Nährstoffe vor, was ihre Einordnung in eine Kaskadennutzung einschränkt.

Ein zweiter, für kleinere Mengen tragfähiger Pfad ist die Nutzung des Strohs als Substrat für die Speisepilzproduktion mit anschließender Vergärung oder Kompostierung des verbrauchten Substrats (Miśkiewicz et al., 2025). Diese Kaskade stellt die Lebensmittelproduktion an den Anfang, erhält die Nährstoffrückführung am Ende und ist im Gegensatz zu allen industriellen Konversionsverfahren bereits bei geringen Substratmengen betriebswirtschaftlich darstellbar.

Deutlich höhere Wertschöpfung, aber auch deutlich höhere Anforderungen an Anlagengröße und Technologiereife weisen die bioraffinerietechnischen Pfade auf. Nach Fraktionierung des Strohs liefert die Cellulosefraktion Nanocellulose für Verpackungen und Verbundwerkstoffe(Pradhan et al., 2026), das Lignin Ausgangsstoffe für Kunststoffe und Bio-Aromaten und die Hemicellulosefraktion Zuckerderivate für die chemische Industrie (Ali et al., 2026); besonders aussichtsreich sind sequentielle Konzepte, die mehrere dieser Produkte aus demselben Rohstoff gewinnen und die Wirtschaftlichkeit damit breiter abstützen. Über enzymatische Verzuckerung und Fermentation ist zudem eine breite Palette an Plattformchemikalien und technischen Enzymen zugänglich, deren Technologiereife überwiegend im Bereich TRL 4 bis 6 liegt (Reinberg, 2020). Nachrangig einzuordnen sind die thermochemischen Verfahren, da sie trotz möglicher Nährstoffrückführung über die Biokohle primär energetisch ausgerichtet sind. Allen bioraffinerietechnischen Pfaden gemeinsam ist, dass sie Rohstoffmengen weit oberhalb des regional verfügbaren Aufkommens voraussetzen und für Tirol daher den Stand der Technik abbilden, nicht jedoch eine in naher Zukunft umsetzbare Option.

6.3.5 Reststoffe aus der Milchverarbeitung

Bei der Verarbeitung von Milch fallen als Nebenprodukte Molke, Käsereirückstände sowie Reinigungs- und Prozessabwässer an. Der überwiegende Teil davon — insbesondere die Süßmolke aus der Hart-, Schnitt- und Weichkäseherstellung — wird bereits höherwertig als Lebensmittelrohstoff, etwa zu Molkenpulver, Molkenproteinkonzentrat oder Molkegetränken, sowie als Futtermittel verwertet und ist im hier betrachteten Aufkommen nicht enthalten. Gegenstand der weiteren Betrachtung ist ausschließlich der als Abfall entsorgte Reststrom von jährlich rund 3.400 t, der im Wesentlichen aus Sauermolke, Käsereirückständen und Molkereischlämmen besteht.

Diese Abfallfraktion entzieht sich der etablierten Verwertung, weil ihre Aufbereitung mit hohem Aufwand verbunden ist: Der geringe verwertbare Trockenmasseanteil bei gleichzeitig großem Transportvolumen gilt als zentrales Verwertungshemmnis (Panesar et al., 2007), das Aufkonzentrieren ist energieintensiv, und die rasche Verderblichkeit schließt eine Zwischenlagerung aus (Reinberg, 2020).

Derzeit wird dieser Reststrom in Tirol über die Co-Vergärung in den Faulbehältern kommunaler Kläranlagen energetisch verwertet. Aufgrund des hohen Anteils leicht abbaubarer Laktose handelt es sich um ein gut verwertbares Co-Substrat. Abfallrechtlich sind Molkerei- und Käsereinebenprodukte als tierische Nebenprodukte der Kategorie 3 eingestuft, für die neben der Vergärung auch die Futtermittelnutzung, die Kompostierung zu organischen Dünge- und Bodenverbesserungsmitteln sowie die Verbrennung nach entsprechender Vorbehandlung zulässige Verwertungswege darstellen (Reinberg, 2020).

*6.3.5.1 **Bioökonomische Handlungsfelder***

Die höchste Wertschöpfung bieten die biotechnologischen Pfade der Laktoseverwertung, die jedoch ein fraktioniertes Permeat und deutlich größere Mengen voraussetzen. Aus der Laktose lassen sich präbiotische Zuckerverbindungen, Milchsäure als Vorstufe für biobasierte Kunststoffe sowie Ethanol gewinnen (Chandra et al., 2018), wobei die Technologiereife überwiegend im Bereich TRL 4 bis 6 liegt (Reinberg, 2020). Als industrielle Referenz gilt das EU-Projekt AgriChemWhey mit der ersten großtechnischen Molkebioraffinerie, ausgelegt auf 25.000 t Trockenmasse pro Jahr (Reinberg, 2020). Eigenständige Bioraffineriekonzepte scheiden für Tirol damit aus; realistisch bliebe allenfalls die Anlieferung fraktionierter Vorprodukte an überregionale Verwerter, was die Bündelung der Aufbereitung zur Voraussetzung macht.

6.3.6 Reststoffe aus der Obstverarbeitung

Aus der Obstverarbeitung fallen in Tirol rund 350 t/a an Trester an, der derzeit zum Großteil in der Wildfütterung eingesetzt wird. Die Menge stammt überwiegend aus der Saftproduktion — in Tirol werden

jährlich rund eine Million Liter Apfelsaft aus heimischen Äpfeln in 42 Obstpressanlagen gepresst — sowie aus der Maischeherstellung in den zahlreichen kleinen Brennereien. Der Apfel ist mit einer Jahresernte von rund 4.800 t die Hauptkultur des Tiroler Obstbaus (Statistik Austria, 2026d), sodass es sich beim anfallenden Trester überwiegend um Apfeltrester handelt. Damit ist dieser Stoffstrom der mit Abstand kleinste der betrachteten landwirtschaftlichen Reststoffe. Problematisch für eine bioökonomische Nutzung ist, dass sich das Aufkommen auf wenige Wochen im Herbst konzentriert und auf eine Vielzahl kleiner Verarbeitungsstandorte verteilt. Frischer Trester ist zudem mit einem Wassergehalt von 70 bis 80 % rasch mikrobiell verderblich und muss innerhalb weniger Tage verwertet oder konserviert werden.

Apfeltrester ist jedoch kein minderwertiger Reststoff, sondern eine wertvolle Quelle für Pektin, Polyphenole und Ballaststoffe und wird in der Literatur ausdrücklich als Rohstoff mit breitem Anwendungspotenzial in der Lebensmittelindustrie beschrieben (Costa et al., 2022). Die derzeitige Nutzung in der Wildfütterung liegt damit deutlich unterhalb der stofflichen Wertigkeit des Materials — sie ist allerdings die einzige Option, die ohne Investition und ohne Logistikaufbau funktioniert.

6.3.6.1 Bioökonomische Handlungsfelder

Kurzfristig realistisch, neben dem Einsatz in der Wildfütterung, ist die Verwertung von Apfeltrester als Lebensmittelzutat in kleinem Maßstab. Getrockneter und vermahlener Apfeltrester lässt sich als ballaststoff- und polyphenolreiches Mehl in Backwaren einsetzen; entsprechende Rezepturen mit Anteilen um 10 % gelten hierbei als optimal (Naseem et al., 2024). Voraussetzung ist lediglich eine Trocknungsmöglichkeit unmittelbar nach dem Pressen. Direktvermarkter und regionale Bäckereien können kleine Mengen verarbeiten, die Wertschöpfung bleibt in der Region, und der Trester wird als Lebensmittel und damit auf der höchsten Stufe der Verwertungshierarchie genutzt.

Bioraffinerietechnische Pfade sind für Tirol keine Option. Zwar lassen sich aus Apfeltrester Pektin, antioxidative Polyphenole, Enzyme sowie über Fermentation Zitronen- und Milchsäure gewinnen (Costa et al., 2022), doch setzen diese Verfahren Mengen und eine Anlagenausstattung voraus, die bei 350 t/a weder darstellbar noch in der Region vorhanden sind. Damit ist dieser Stoffstrom für die regionale Bioökonomie mengenmäßig unbedeutend. Sein Modellcharakter liegt an anderer Stelle. Ob kleine, saisonal und dezentral anfallende Reststoffe verwertet werden, hängt nicht von ihrer stofflichen Wertigkeit ab, sondern von der Logistik und den Mindestmengen, die eine Aufbereitung voraussetzt. Das realistische Handlungsfeld liegt daher nicht in der Umstellung des bestehenden Verwertungspfads, sondern in der Erschließung des Tresters als Rohstoff für kleinräumige, regionale Produktinnovationen mit Modellcharakter für andere Kleinmengenreststoffe.

6.3.7 Schafwolle

Im Jahr 2024 wurden in Tirol 83.619 Schafe gehalten (Statistik Austria, 2026a). Da Wollschafe erblich bedingt keinen Wollwechsel aufweisen, sollten diese mindestens einmal jährlich geschoren werden, um das Wohlbefinden und die Wärmeregulation der Tiere zu gewährleisten und eine Parasitenbelastung zu minimieren (ÖBSZ, 2021). Tirolweit konnten 2024 rund 150 Tonnen an Rohwolle von 50.982 Schafen gewonnen werden. Dieser Wollertrag entspricht rund 19 % des gesamten Wollertrags von 788 Tonnen in Österreich in diesem Zeitraum (ÖBSZ, 2025). Von den jährlich anfallenden rund 150 Tonnen Rohwolle werden etwa 50 bis 60 Tonnen von der „Schaf- und Ziegenzucht Tirol eGen“ gesammelt und vermarktet. Ein weiterer Teil wird vom „Ötztaler Schafwollzentrum Regensburger“ in Umhausen gesammelt und verarbeitet. Über den Verbleib der restlichen Rohwolle liegen keine gesicherten Informationen vor (Prader, 2026).

6.3.7.1 Bioökonomische Handlungsfelder

Schafwolle stellt einen erneuerbaren biogenen Rohstoff mit vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten dar (White IP, 2023). Aufgrund ihrer besonderen Materialeigenschaften, wie Wärmeisolierung, Feuchtigkeitsregulierung, Elastizität, biologische Abbaubarkeit und des natürlichen Gehalts an Proteinen und Lanolin, kann Schafwolle in unterschiedlichen Wirtschaftsbereichen eingesetzt werden.

Ein Anwendungsfeld liegt im Bereich der **Textilien und Heimtextilien**. Aufgrund ihrer wärmeregulierenden und feuchtigkeitsaufnehmenden Eigenschaften eignet sich Schafwolle für die Herstellung von Bekleidung, insbesondere für Outdoorbekleidung und funktionale Kleidungsschichten. Darüber hinaus findet sie Verwendung in zahlreichen Heimtextilien, darunter Decken, Bettwäsche, Tischwäsche sowie als natürliches Füllmaterial für Kissen und Polstermöbel. (White IP, 2023)

Ein weiteres wichtiges Anwendungsfeld ist die **Landwirtschaft**. Durch die Verarbeitung von Schafwolle zu Düngepellets kann ein organischer Langzeitdünger hergestellt werden, der neben der Nährstoffversorgung auch über eine hohe Wasserspeicherfähigkeit verfügt. Darüber hinaus kann Wolle als Bestandteil von Pflanzsubstraten eingesetzt werden und dabei als nachhaltiger Torfersatzstoff dienen. Dadurch trägt sie zur Reduktion des Torfverbrauchs und somit zur Schonung wertvoller Ökosysteme bei. (White IP, 2023)

Auch in der **Bauwirtschaft und Technik** bestehen vielfältige Einsatzmöglichkeiten. Schafwolle kann als natürlicher Dämmstoff zur Wärmeisolierung von Gebäuden, beispielsweise in Dächern und Wänden, sowie zur Schalldämmung in Form von Akustikpaneelen verwendet werden. Zudem eignet sie sich zur Rohrisolierung. Im Bereich der Geotextilien können aus Wolle Vliese und Matten hergestellt werden, die beispielsweise für den Erosionsschutz, die Hangsicherung oder den Deichbau eingesetzt werden. Nach ihrer Nutzungsphase können diese Materialien biologisch abgebaut werden. Darüber hinaus wird Schafwolle als

Verstärkungskomponente in Faserverbundstoffen untersucht, etwa für den Einsatz in Kunststoffen oder mineralischen Baustoffen wie Beton und Ziegeln. (White IP, 2023)

Weitere Potenziale ergeben sich in den Bereichen **Pharma, Kosmetik und Chemie**. Aufgrund ihres natürlichen Lanolingehalts wird Schafwolle traditionell als Heilwolle zur Hautpflege eingesetzt und kann auch für medizinische Verbände sowie als Bestandteil von Hygieneprodukten, beispielsweise als saugfähige Schichten in Windeln, genutzt werden. Aus der Wolle können zudem wertvolle Inhaltsstoffe wie Lanolin (Wollfett) und Keratin gewonnen werden, die in Haut- und Haarpflegeprodukten Anwendung finden. Darüber hinaus wird derzeit erforscht, ob Wollproteine als Ausgangsstoff für biobasierte Klebstoffe genutzt werden können. (White IP, 2023)

Auch im Bereich **Mobilität und Verkehr** bestehen innovative Anwendungsmöglichkeiten. Im Automobilbau kann Schafwolle beispielsweise für Innenraumkomponenten wie Sitzbezüge oder Dachhimmel sowie zur Geräusch- und Schwingungsdämmung eingesetzt werden. Zusätzlich findet Lanolin aus Schafwolle Anwendung als Bestandteil von Korrosionsschutzmitteln, beispielsweise in Form von lanolinbasierten Beschichtungen. (White IP, 2023)

Trotz dieser vielfältigen Potenziale kann die vorhandene Schafwolle derzeit nur eingeschränkt genutzt werden. Verschiedene strukturelle und wirtschaftliche Faktoren erschweren eine stärkere Integration dieses Rohstoffs in regionale Wertschöpfungsketten (Common Affairs GmbH, 2024). Eine wesentliche Herausforderung stellt die **Faserqualität** dar. Im Vergleich zu besonders feinen Importwollen, beispielsweise Merinowolle aus Australien oder Neuseeland, weist österreichische Schafwolle häufig eine gröbere Faserstruktur auf. Dadurch ist sie für Bekleidung, die direkt auf der Haut getragen wird, weniger geeignet.

Ein weiteres Problem sind die **niedrigen Erzeugerpreise**. Schafhalter:innen erhalten für ihre Wolle häufig lediglich etwa 60 bis 70 Cent pro Kilogramm. Diese Erlöse decken nicht einmal die Kosten der Schur, die bei ungefähr fünf Euro pro Schaf liegen. Dadurch fehlt vielfach der wirtschaftliche Anreiz, die Wolle gezielt zu vermarkten oder in hochwertige Verarbeitungswege einzubringen (Common Affairs GmbH, 2024). Zusätzlich erschwert die **eingeschränkte regionale Infrastruktur für die Wollverarbeitung** eine stärkere Nutzung. In Österreich existiert nur noch eine industrielle Wollwäscherei. Diese liegt in Tirol mit einer Verarbeitungskapazität von 100 t/a. Größere Mengen österreichischer Wolle müssen daher häufig ins Ausland, beispielsweise nach Belgien, transportiert werden, um dort gewaschen und weiterverarbeitet zu werden ((Common Affairs GmbH, 2024).

Insgesamt zeigt sich, dass Schafwolle als erneuerbarer Rohstoff zahlreiche bioökonomische Anwendungsmöglichkeiten bietet. Um dieses Potenzial stärker auszuschöpfen, sind jedoch der Aufbau regionaler Verarbeitungsstrukturen, die Entwicklung neuer Absatzmärkte sowie die Verbesserung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für Schafhalter:innen notwendig.

7 Bestandsaufnahme Bioökonomie in Tirol

7.1 Wirtschaftliche Bedeutung

Die Tiroler Bioökonomie erzielte im Jahr 2023 einen Umsatz von 9,33 Mrd. € und beschäftigte 32.114 Personen in 3.768 Unternehmen (Bioeconomy Austria, 2026b). Das entspricht 11,8 % des Gesamtumsatzes der Tiroler Wirtschaft und 11,3 % aller Erwerbstätigen im Land. Im Bundesländervergleich steht Tirol damit für rund 5,6 % der österreichischen Bioökonomie, die insgesamt 165,5 Mrd. € umsetzt. Gemessen am Anteil an der eigenen Wirtschaftsleistung liegt Tirol mit 11,8 % am unteren Rand der Flächenbundesländer, deren Werte zwischen 12,8 % und 20,4 % liegen. Dieser vergleichsweise niedrige Anteil ist weniger Ausdruck einer schwachen Bioökonomie als der Größe des Tourismus- und Dienstleistungssektors, an dem er gemessen wird. Die Branchenstruktur unterscheidet sich deutlich vom österreichischen Durchschnitt. Den höchsten Umsatz erzielt mit 3.619 Mio. € der Handel, unmittelbar gefolgt von Holz und Holzprodukten mit 2.954 Mio. € und 8.538 Beschäftigten. Auf die Holzbranche entfallen damit 31,7 % des Tiroler Bioökonomie-Umsatzes, während es österreichweit lediglich 9,3 % sind. Dahinter folgen Lebensmittel und Getränke mit 1.416 Mio. € und 6.452 Beschäftigten sowie die Land- und Forstwirtschaft mit 598 Mio. € und 4.286 Beschäftigten. Die übrigen Branchen bleiben deutlich kleiner und reichen von 360 Mio. € in Papier und Zellstoff über 157 Mio. € in der Energieversorgung bis zu 94 Mio. € in Chemie und Pharma.

Bei der Einordnung dieser Werte ist die unterschiedliche Abgrenzung der verfügbaren Quellen zu beachten. Die genannten Zahlen stammen aus dem güterbasierten Monitoring BioBASE, das den Umsatz von neun Branchen erfasst und je Branche nur jenen Anteil zurechnet, der tatsächlich auf biobasierte Güter entfällt – in der Holzwirtschaft, der Lebensmittelherstellung sowie der Land- und Forstwirtschaft 100 %, im Handel 23,4 %, in der Energieversorgung 15,0 % und in der Chemie 3,5 %. Der niedrige Wert für Chemie und Pharma bildet daher nicht die Größe der Tiroler Wirkstoffproduktion ab, sondern ausschließlich deren biobasierten Anteil. Die in Kapitel 6.2.1.1 herangezogene Studie von econmove (2025) folgt einer anderen Logik. Sie weist die Bruttowertschöpfung ganzer Sektoren entlang von vier aufeinander aufbauenden Definitionsstufen aus. Die für die Tiroler Holzwirtschaft im engeren Sinne ausgewiesenen 2.858,2 Mio. € liegen in einer ähnlichen Größenordnung wie die im Jahrbuch der Bioökonomie genannten 2.954 Mio. €. Diese Nähe allein belegt jedoch keine übereinstimmende Branchenabgrenzung oder Berechnungsmethode. Deutliche Unterschiede zeigen sich bei den Beschäftigungsangaben: Die Studie von econmove weist 19.171 Vollzeitäquivalente beziehungsweise 22.523 Beschäftigte aus, während das Jahrbuch der Bioökonomie 8.538 Beschäftigte nennt. Für einen belastbaren Vergleich müssen daher die jeweils erfassten Wirtschaftsbereiche, Bezugsjahre und Berechnungsmethoden berücksichtigt werden. Insbesondere sind Vollzeitäquivalente und

Beschäftigtenzahlen als unterschiedliche Kennzahlen zu behandeln. Die Angaben sollten deshalb getrennt dargestellt und ohne vorherige methodische Abstimmung weder addiert noch zur Berechnung von Anteilen herangezogen werden.

7.2 Bestehende Wertschöpfungsketten

Die Wertschöpfungskette Wald–Holz ist in Tirol vollständig ausgeprägt und reicht von der Bereitstellung des Rohstoffs über die Sägeindustrie zu Halbfertigprodukten und Holzwerkstoffen bis hin zu Tischlerei- und Zimmereiprodukten. Ihr Schwerpunkt liegt jedoch deutlich auf den frühen Verarbeitungsstufen: Mit 4,05 Mio. fm liegt der Sägeeinschnitt erheblich über dem heimischen Einschlag, während auf Zimmerei und Holzbau 165.000 fm und auf Tischlerei und Holzgestaltung 42.000 fm entfallen. Gemessen am Sägeeinschnitt wird in den weiterverarbeitenden Stufen damit mengenmäßig nur ein kleiner Teil des Holzes verarbeitet. Da die Wertschöpfung je Festmeter in diesen Gewerben jedoch wesentlich höher liegt als in der Erstverarbeitung, besteht hier ein erhebliches Potenzial, durch höhere Verarbeitungsmengen zusätzliche Wertschöpfung im Land zu erzielen. Eine papier- und zellstoffseitige Veredelung besteht mit der Papierfabrik Wattens an einem einzelnen Standort; ein Zellstoffaufschluss findet in Tirol nicht statt.

Die biotechnologische Wirkstoffproduktion in Kundl und Schaftenau stellt die technologisch anspruchsvollste biobasierte Verarbeitungsstufe des Landes dar. Sie beruhte lange auf überregional bezogenen zuckerbasierten Substraten und war damit stofflich nicht mit dem regionalen Rohstoffaufkommen verknüpft. Mit der teilweisen Umstellung der Substratversorgung auf Laktose aus Tiroler Milch besteht seit 2024 eine direkte Verbindung zwischen der heimischen Milchwirtschaft und der pharmazeutischen Fermentation (Sandoz, 2024). Gemeinsam mit der Verwertung der Fermentationsbiomasse zu Biosol® entsteht so eine weitgehend geschlossene Kette aus regionalem Nebenprodukt, Wirkstoff und Düngemittel. Das Beispiel ist über den Einzelfall hinaus aufschlussreich, weil es zeigt, unter welchen Bedingungen die Kopplung eines regionalen Reststoffs an eine bestehende industrielle Verarbeitungsstufe gelingt: Der Reststoff fällt in großer, gleichmäßiger Menge an, er ist in einer für den Prozess geeigneten Reinheit verfügbar, und die Umstellung war für den abnehmenden Betrieb wirtschaftlich vorteilhaft.

Die energetische Nutzung biogener Rohstoffe ist in Tirol die am dichtesten ausgebaute biobasierte Struktur. Auf biogene Energieträger entfielen im Jahr 2024 rund 3.416 GWh des energetischen Endverbrauchs und damit 15,3 Prozent des gesamten Tiroler Endenergieverbrauchs; 2019 lag dieser Anteil noch bei 13,0 Prozent (Statistik Austria, 2026b). Den größten Einzelposten stellt Scheitholz mit 1.631 GWh, das fast ausschließlich in privaten Haushalten eingesetzt wird, gefolgt von Holzabfall mit 908 GWh sowie Pellets und Briketts mit 326

GWh. Von diesem Holzabfall werden rund drei Viertel im Sektor Holzverarbeitung selbst genutzt, was die betriebsinterne energetische Verwertung von Produktionsresten in der Tiroler Säge- und Holzindustrie quantitativ belegt. Getragen wird die biomassebasierte leitungsgebundene Wärmeversorgung von den in der Arbeitsgemeinschaft Biowärme Tirol zusammengeschlossenen Betrieben, die über rund 250 MW installierte Leistung verfügen und jährlich etwa 765 GWh Wärme erzeugen (Biowärme Tirol, 2026).

Ergänzt wird diese Struktur durch die Behandlung getrennt gesammelter Bioabfälle. Mit drei Vergärungsanlagen und einer Reihe überwiegend dezentraler Kompostieranlagen ist die Verwertungskette im Land vorhanden, jedoch nicht bis zur Kapazitätsgrenze des Aufkommens ausgebaut. Rund die Hälfte der getrennt gesammelten Bioabfälle wird kompostiert oder exportiert und damit stofflich, aber nicht energetisch in Tirol genutzt.

Eine eigenständige und für Tirol besonders charakteristische Verwertungsschiene bilden die kommunalen Kläranlagen. Rund 27 % der getrennt gesammelten Bioabfälle werden dort gemeinsam mit Klärschlamm in den Faulbehältern co-vergoren; hinzu kommen Fettabscheiderinhalte sowie Molken- und Käsereinebenprodukte, für die dieser Pfad derzeit die einzige großtechnisch verfügbare Verwertung darstellt. Der Vorteil liegt in der Nutzung bereits vorhandener Infrastruktur, sodass zusätzliche Substrate ohne wesentliche Neuinvestition eingebracht werden können. Im Jahr 2024 wurden rund 23,6 GWh Klärgas erzeugt, die nahezu vollständig der Strom- und Wärmeerzeugung zugeführt wurden. Die Nutzung erfolgt damit nahezu vollständig energetisch und nicht stofflich; mit der Pflicht zur Monoverbrennung des Klärschlamms entfällt künftig auch für den Gärrest der Co-Vergärung die stoffliche Verwertung – mit Ausnahme des Phosphorrecyclings aus der Asche.

Für Schafwolle bestehen in Tirol Sammel-, Wäsche- und Vermarktungsstrukturen, die jedoch nur einen Teil der anfallenden Menge aufnehmen. Die Rohwolle wird über den Tiroler Schafzuchtverband bei den Betrieben erfasst, in einer Waschanlage im Ötztal gereinigt und über das Tiroler Schafwollzentrum in Innsbruck vermarktet. Mit der Marke Tirolwool besteht zudem eine industrielle Anwendung, bei der Tiroler Schafwolle als thermischer Füllstoff in Funktionsbekleidung eingesetzt wird. Diese Kette deckt jedoch nur einen Bruchteil der Schurmenge ab: Die ausgewiesene Menge von rund 150 t/a bezeichnet das jährliche Rohwollaufkommen bei der Schur. Davon werden etwa 50 bis 60 t/a durch die Schaf- und Ziegenzucht Tirol eGen gesammelt und vermarktet. Ein weiterer, nicht näher quantifizierter Anteil wird durch das „Ötztaler Schafwollzentrum Regensburger“ in Umhausen erfasst und verarbeitet. Über den Verbleib und die mögliche Verwertung der restlichen Rohwolle liegen keine gesicherten Informationen vor.

Für Nutzhanf befindet sich eine Wertschöpfungskette im Aufbau, wobei sich zwei unterschiedlich weit entwickelte Stränge unterscheiden lassen. Verbreiteter ist bislang die Nutzung der Inhaltsstoffe: Samen und Öle gelangen in den Lebensmittelbereich, Extrakte in Kosmetik- und Nahrungsergänzungsprodukte, wobei diese Verwertung überwiegend kleinbetrieblich organisiert ist und geringe Mengen umfasst. Die stoffliche Faserverwertung steht dagegen erst am Anfang, hat mit der Beschilderung aus Hanffasern des Innsbrucker Unternehmens SONA – Green Composites jedoch ein erstes in Tirol produziertes Serienprodukt hervorgebracht; es ersetzt Aluminium, Kunststoff und HPL im öffentlichen Raum und wird seit 2025 in Serie gefertigt (SONA, 2025). Am Aufbau einer durchgehenden Kette arbeitet das ARGE-ALP-Projekt Alpenhanf 360°, in dem die Standortagentur Tirol gemeinsam mit Hochschulen, landwirtschaftlichen Betrieben und Unternehmen die Verwertung entlang des gesamten Pflanzenspektrums erschließt — von der Faser für Verbundwerkstoffe über Schäben als Einstreu bis zu Samen und Inhaltsstoffen.

Neben den industriellen Wertschöpfungsketten besteht in Tirol ein zahlenmäßig bedeutender Bereich kleinstrukturierter biobasierter Produktion. Dazu zählen Naturkosmetik und ätherische Öle auf Basis heimischer Kräuter und Nadelhölzer, Zirbenprodukte aus Tischlerei und Holzgestaltung, Akustik- und Schallschutzelemente aus Naturfasern, Beschilderungen und Formteile aus Hanffasern, Dämm- und Textilprodukte aus Schafwolle sowie eine wachsende Zahl an Produkten aus biogenen Reststoffen, etwa aus Kaffeetrester. Die eingesetzten Rohstoffmengen sind im Vergleich zu den in Kapitel 5 betrachteten Strömen um mehrere Größenordnungen geringer; Mindestmengen und Sammellogistik spielen hier kaum eine Rolle. Maßgeblich sind stattdessen Produktdifferenzierung, nachweisbare regionale Herkunft und Verarbeitungsqualität. Hinzu kommt eine Tiroler Besonderheit auf der Absatzseite: Der Tourismus stellt mit Hotellerie, Gastronomie und Wellnessbetrieben einen kaufkräftigen regionalen Markt für Produkte mit nachweisbarer heimischer Herkunft bereit – die Pilotprojekte der Hanfbeschilderung mit Tiroler Tourismusverbänden sind dafür ein Beispiel.

7.3 Ergebnisse der Unternehmensbefragung

Ergänzend zur vorliegenden Studie führte die Standortagentur Tirol zwischen 4. Mai und 12. Juni 2026 eine Online-Befragung mit 20 Fragen durch, an der 103 Unternehmen teilnahmen (Standortagentur Tirol, o. J.). Die Einladung erfolgte über die Verteiler der Cluster und des Circular Hub Tirol, von proHolz Tirol sowie von Bioeconomy Austria. Die Stichprobe ist damit auf bereits vernetzte und dem Thema gegenüber aufgeschlossene Betriebe ausgerichtet; lediglich 24 % der Teilnehmenden gehören keinem der genannten Netzwerke an. Die Branchen Bau und Baustoffe sowie Holz und Papier stellen zusammen 48 % der

Antwortenden. Die Ergebnisse sind vor diesem Hintergrund nicht als repräsentativ für die Tiroler Wirtschaft zu verstehen, geben aber ein belastbares Bild der Situation in bioökonomisch aktiven Betrieben.

Von den befragten Unternehmen setzen 65 % biobasierte Materialien oder Produkte ein, überwiegend als Betriebs- und Hilfsmittel sowie als Rohstoffe für die Produktion. Holz und Holzprodukte dominieren dabei erwartungsgemäß, was der Zusammensetzung der Stichprobe entspricht. Biogene Rest- oder Abfallstoffe fallen bei 51 % der Betriebe an; diese werden zu 47 % direkt energetisch genutzt, zu 32 % über die Abfallwirtschaft entsorgt und nur zu 21 % im eigenen Betrieb weiterverarbeitet. Von den Betrieben mit Reststoffanfall sehen 53 % Potenziale für eine höherwertige Nutzung, während knapp die Hälfte die bestehende Verwertung für angemessen hält.

Die Befragung bestätigt zugleich die Breite des kleinstrukturierten Segments. Mehr als die Hälfte der teilnehmenden Betriebe beschäftigt weniger als 50 Personen, gut ein Drittel weniger als zehn. Materialien, die in den industriellen Ketten bislang nur eine untergeordnete Rolle spielen, werden hier vergleichsweise häufig genannt: Hanf und Bio-Kunststoffe von je 14 %, Schafwolle sowie biobasierte Wirk- und Inhaltsstoffe für Kosmetik- und Pharmaanwendungen von je 10 % der Nutzerbetriebe (Standortagentur Tirol, o. J.). Auch die im Rahmen von Bioeconomy Austria zusammengetragene Showcase-Sammlung sowie Fachveranstaltungen der Branche zeigen eine entsprechende Vielfalt, von Naturkosmetik und biobasierten Textilien über Pflanzenkohle und Dünger aus Kaffeesatz bis hin zu Hanffaserprodukten und Bauteilen aus Holz-Faser-Verbunden (Bioeconomy Austria, 2026a).

Aufschlussreich ist die Struktur der genannten Hürden. Zu hohe Kosten (67 %) und regulatorische Hürden (40 %) stehen deutlich vor fehlender Technologiereife und mangelndem Know-how (je 20 %). Die Begrenzung liegt damit nicht auf der technischen, sondern auf der wirtschaftlichen und rechtlichen Ebene. Dieser Befund deckt sich mit den Ergebnissen der Stoffstromanalyse in Kapitel 6, in der für nahezu alle betrachteten Ströme nicht die stoffliche Wertigkeit, sondern Mindestmengen, Logistik und Wirtschaftlichkeit als limitierend identifiziert wurden. Beim Unterstützungsbedarf stehen Förderprogramme (54 %) und Best-Practice-Beispiele (47 %) an erster Stelle. Angesichts der in Kapitel 5 erfassten 60 Förderprogramme ist dies weniger als Hinweis auf ein fehlendes Angebot zu werten, sondern auf Fragen der Bekanntheit, der Zugänglichkeit und der Passung für kleinere Betriebe. Für die künftige Entwicklung planen 55 % der Unternehmen einen verstärkten Einsatz biobasierter Materialien. Die größten Zuwächse gegenüber der heutigen Nutzung zeigen sich bei Rohstoffen für die Produktion und bei Verpackungen.

7.4 Lücken in den Wertschöpfungsketten

Die Gegenüberstellung der erhobenen Stoffströme mit den im Land vorhandenen Verarbeitungsstufen zeigt ein differenziertes Bild. In den meisten Bereichen ist die Rohstoffbasis vorhanden und die erste Erfassungs- oder Verarbeitungsstufe überwiegend ebenfalls. Die höherwertigen Folgestufen sind bei einigen Stoffströmen jedoch nicht oder nur eingeschränkt im Land vorhanden. So wird zum Beispiel bei Holz ein großer Teil nach der ersten Verarbeitungsstufe exportiert und außerhalb des Landes veredelt.

Die Ursachen sind unterschiedlich, und mit ihnen die daraus abzuleitenden Maßnahmen: Sie reichen von unzureichenden Mengen für einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb über entfallene Verarbeitungsstufen und den Export nach der ersten Verarbeitungsstufe bis zu einer erst im Aufbau befindlichen Rohstoffbasis.

Bei einem Teil der Ströme liegt das regionale Aufkommen unterhalb der für einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb erforderlichen Mindestmenge. Deutlich wird dies bei den Altspeisefetten. Die österreichische Verarbeitung ist auf wenige Standorte konzentriert – Arnoldstein in Kärnten, Gaishorn am See in der Steiermark sowie am Ölhafen Lobau in Wien –, deren Kapazitäten jeweils im Bereich von 50.000 t und darüber liegen und damit den gesamten Tiroler Anfall von rund 3.000 t pro Jahr um ein Vielfaches übersteigen (Biodiesel Kärnten, 2026; Münzer, 2026). Da die gewerblichen Sammelquoten bereits hoch sind, ist auch künftig keine Menge zu erwarten, die eine eigene Verarbeitungsstufe im Land tragen könnte. Vergleichbar liegt der Fall bei der Molkeverwertung, deren industrielle Referenzanlagen auf ein Vielfaches des Tiroler Aufkommens ausgelegt sind, sowie bei der stofflichen Verwertung von Bioabfällen zu Plattformchemikalien, für die europaweit bislang nur einzelne Demonstrationsanlagen bestehen. In diesen Fällen ist die Anlieferung an überregionale Verwerter der sachgerechte Weg; der Handlungsbedarf liegt bei Erfassung, Vorbehandlung und Logistik, nicht bei der Endverarbeitung.

Bei der Schafwolle wäre die Menge grundsätzlich ausreichend, die erforderliche Verarbeitungsstufe ist jedoch historisch entfallen. Dies trifft auf die Schafwolle zu. Die Wäsche ist dabei nicht der begrenzende Schritt: Die Tiroler Anlage ist mit 100 t/a für das heimische Aufkommen ausreichend dimensioniert und als einzige industrielle Wollwäscherei Österreichs lediglich für den gesamtösterreichischen Wollertrag von 788 t/a zu klein, weshalb Wolle aus anderen Bundesländern zur Reinigung nach Belgien transportiert wird. Der Engpass für Tiroler Wolle liegt in den anschließenden Schritten – Kämmen, Spinnen sowie Vlies- und Filzherstellung –, für die in Österreich nach dem Ausscheiden zahlreicher wollverarbeitender Betriebe nur noch Restkapazitäten vorhanden sind; diese Stufen werden überwiegend im europäischen Ausland zugekauft (ÖBSZ, 2024). Dass eine vollständig heimische Verarbeitung technisch möglich bleibt, hat das Projekt AUTwool 2024 an einer Kleinserie aus Tiroler Bergschafwolle gezeigt, bei der sämtliche Schritte von der Schur bis zur Konfektion in

österreichischen Betrieben erfolgten. Eine Übertragung auf größere Mengen scheitert bislang daran, dass der erzielbare Rohwollpreis die Aufwendungen für Schur, Sortierung und Transport nicht deckt. Bei Nutzhanf ist die Rohstoffbasis selbst noch im Aufbau. Das Tiroler Aufkommen liegt mit 7 ha Anbaufläche und 27 t Erntemenge weit unterhalb jeder Anlagengröße; eine industrielle Faseraufschlussanlage besteht in Tirol nicht. Nicht die Wiederherstellung einer entfallenen Verarbeitungsstufe steht hier im Vordergrund, sondern die parallele Entwicklung von Anbau, Aufbereitung und Absatzmarkt.

Übergreifend gilt, dass die kleinstrukturierte biobasierte Produktion vielfach auf genau jene Rohstoffe zurückgreift, für die in Tirol keine Aufbereitungsstufe besteht, insbesondere Schafwolle und Naturfasern. Diese Betriebe sind damit zugleich die Nachfrageseite für die fehlenden Verarbeitungsschritte und ein wesentlicher Adressat entsprechender Handlungsfelder.

8 Identifizierung und Ableitung von Vorschlägen für relevante Handlungsfelder

Die nachfolgenden Handlungsfelder leiten sich aus der Bewertung der Verwertungsoptionen je Stoffstrom und der Unternehmensbefragung ab. Ihre Reihenfolge folgt der erwartbaren Wirkungshöhe, also dem wirtschaftlichen Gewicht des betroffenen Bereichs und dem Umfang des bislang ungenutzten Potenzials. Für die Ausgestaltung der Maßnahmen ist darüber hinaus die in Kapitel 7.4 getroffene Unterscheidung der Ursachen maßgeblich. Wo das regionale Aufkommen unterhalb der wirtschaftlichen Mindestmenge liegt, setzen die Maßnahmen bei Erfassung, Vorbehandlung und Logistik an und nicht beim Aufbau eigener Verarbeitungskapazität. Wo die Menge ausreichen würde, die erforderliche Verarbeitungsstufe aber historisch entfallen ist, geht es um deren Wiederverfügbarkeit und um die wirtschaftlichen Bedingungen, unter denen sie tragfähig wird. Wo die Rohstoffbasis selbst noch im Aufbau ist, sind Anbau, Aufbereitung und Marktentwicklung zu priorisieren.

8.1 Wertschöpfungstiefe der Holzwirtschaft erhöhen

Die Forst- und Holzwirtschaft ist der größte Teilbereich der Tiroler Bioökonomie. Allein die Holzwirtschaft im engeren Sinne erreicht in Tirol eine Bruttowertschöpfung von 2.858,2 Mio. €. Die Wertschöpfungskette „Wald–Holz" ist im Land vollständig ausgeprägt, ihr Schwerpunkt liegt jedoch auf den frühen Verarbeitungsstufen. So stehen dem Sägeeinschnitt von 4,05 Mio. Festmetern lediglich 165.000 Festmeter in Zimmerei und Holzbau sowie 42.000 Festmeter in Tischlerei und Holzgestaltung gegenüber. Gemessen am Sägeeinschnitt wird in den weiterverarbeitenden Stufen damit mengenmäßig nur rund ein Zwanzigstel verarbeitet. Da die Wertschöpfung je Festmeter im Gewerbe jedoch wesentlich höher liegt, besteht hier ein

erhebliches Potenzial, durch höhere Verarbeitungsmengen zusätzliche Wertschöpfung im Land zu erzielen. Derzeit wirkt nicht die Rohstoffverfügbarkeit begrenzend, sondern die Verteilung der Verarbeitung auf die Wertschöpfungsstufen. Ein großer Teil des Holzes wird nach der ersten Verarbeitungsstufe exportiert und außerhalb des Landes veredelt. Maßnahmen in diesem Bereich haben daher, auch wenn ihre relative Wirkung gering ist, einen höheren absoluten Effekt als der Aufbau neuer Verwertungsschienen in kleineren Stoffströmen.

Ansatzpunkte bestehen im mehrgeschossigen Holzbau, in der Zimmerei und Tischlerei sowie in der Herstellung hochwertiger Holzprodukte, beispielsweise im Möbelbereich. Da es sich um Verlagerungen innerhalb einer bestehenden Kette handelt, sind vorrangig nachfrageseitige Instrumente wirksam. Dazu zählen die öffentliche Beschaffung – für die mit den naBe-Kriterien bereits ein Instrument vorliegt – und die Materialwahl in der frühen Planungsphase von Bauvorhaben, in der über die Bauweise entschieden wird. Zudem wäre ein Ausbau der Holzberatung in dieser Phase sinnvoll, um die Möglichkeiten des Holzbaus bereits bei der Entscheidung über die Bauweise zu berücksichtigen.

In der Tischlerei können Maßnahmen zur Förderung von Internationalisierung und Export sowie zur Unterstützung von Forschung, Entwicklung und Innovation wesentlich zur Erschließung zusätzlicher Wertschöpfungspotenziale beitragen. Die Forschungsbasis für Produktentwicklung, Prüfung und Zulassung ist vorhanden. Die Holzforschung Austria bearbeitet die gesamte Kette vom Rohstoff bis zum Endprodukt. Der Arbeitsbereich Holzbau der Universität Innsbruck entwickelt ressourceneffiziente Konstruktions-, Verbindungs- und Bauphysiklösungen im Ingenieurholzbau. Ergänzend wirkt die konsequente Kaskadennutzung, bei der die energetische Verwertung erst nach den stofflichen Nutzungsstufen erfolgt. Mit der Recyclingholzverordnung besteht dafür bereits ein regulatorischer Rahmen, der bislang nicht ausgeschöpft wird.

Parallel dazu gibt es eine Anpassungsaufgabe auf der Rohstoffseite. Durch den klimabedingten Waldumbau, bei dem die Fichte zurückgeht und Lärche, Tanne, Kiefer und Laubbaumarten gezielt eingebracht werden, verändert sich die Rohstoffbasis der verarbeitenden Betriebe mittel- bis langfristig. Die bestehende Verarbeitungsstruktur ist darauf nur begrenzt ausgelegt. Beide Aufgaben betreffen zum Teil dieselben Betriebe und erfordern Investitionen in denselben Verarbeitungsstufen. Eine höhere regionale Wertschöpfung setzt daher nicht nur zusätzliche Verarbeitungskapazität, sondern auch die Fähigkeit voraus, größere Laubholzanteile wirtschaftlich zu verarbeiten. Während nachfrageseitige Maßnahmen kurzfristig wirksam sind, ist die Anpassung der Verarbeitungsstruktur eine Aufgabe über mehrere Investitionszyklen hinweg.

8.2 Wirtschaftsdünger energetisch erschließen

Mit rund 1,1 Mio. m³ pro Jahr an technischem Potenzial sind Wirtschaftsdünger der mit Abstand größte biogene Stoffstrom Tirols und übersteigen das Aufkommen aller getrennt erfassten biogenen Abfälle um ein Vielfaches. Ihre Nutzung erfolgt bislang ausschließlich stofflich als Dünger, während der energetische Gehalt von rund 194 GWh ungenutzt bleibt. Es handelt sich damit um das größte unerschlossene Potenzial der Tiroler Bioökonomie. Der Nutzen einer Erschließung geht über die Energiegewinnung hinaus. Als Biomethan aufbereitet und in das Gasnetz eingespeist ist Wirtschaftsdünger die einzige heimische Ressource, die erneuerbares Gas in einer für das Land relevanten Größenordnung bereitstellen kann; die übrigen biogenen Stoffströme liegen jeweils deutlich darunter. Die Vergärung verringert zugleich die Methan- und Stickstoffverluste, die bei offener Lagerung entstehen. Soweit dadurch importiertes Erdgas ersetzt wird, verbleibt die entsprechende Wertschöpfung im Land. Der Gärrest bleibt als Düngemittel verfügbar und ist gegenüber unbehandeltem Wirtschaftsdünger in Handhabung und Pflanzenverfügbarkeit vorteilhafter.

Umsetzbar ist dies über gemeinschaftliche Anlagen, in denen der Wirtschaftsdünger mehrerer Betriebe vergoren wird. Diese Organisationsform ist nicht allein wirtschaftlich begründet, sondern entspricht der bestehenden bäuerlichen Struktur: Sie ermöglicht kleinen und mittleren Betrieben den Zugang zu einer Technologie, die einzelbetrieblich nicht darstellbar wäre, und stützt damit gerade jene Strukturen, die für die Bewirtschaftung der Tiroler Kulturlandschaft maßgeblich sind. Voraussetzung sind eine Standortanalyse entlang der Viehdichte mit kurzen Zulieferwegen, die Einbindung energiereicher und sauberer Co-Substrate wie Gemüsereststoffe sowie die Klärung geeigneter Beteiligungs- und Betreibermodelle. Da Standortwahl, Beteiligungsmodell und Genehmigung aufeinander aufbauen, ist von einem mittelfristigen Umsetzungshorizont auszugehen.

8.3 Vernetzung der Betriebe und Wissen über biobasierte Alternativen

Anders als die übrigen Handlungsfelder ist dieses keinem einzelnen Stoffstrom zugeordnet, sondern wirkt quer zu allen weiteren. Die Erschließung biogener Rest- und Rohstoffe setzt voraus, dass Betriebe voneinander wissen und die verfügbaren Materialoptionen kennen. Ein in einem Unternehmen anfallender Reststoff kann für ein anderes einen Rohstoff darstellen. Dieser Weg wird bereits genutzt: Ein Teil der Betriebe gibt biogene Reststoffe zur Verwertung an andere Unternehmen weiter, und etwas mehr als die Hälfte der Betriebe mit Reststoffanfall sieht laut Umfrage Potenzial für eine höherwertige Nutzung. Gleichzeitig werden in der Umfrage fehlende Partner als Hürde genannt. Die Zuordnung von Angebot und Bedarf beruht bislang überwiegend auf bestehenden Kontakten, eine systematische Grundlage fehlt. Ein strukturierter Abgleich,

etwa über moderierte Formate innerhalb bestehender Cluster- und Netzwerkstrukturen, ist geeignet, diese Zuordnung auf eine planbare Basis zu stellen.

Ebenso maßgeblich ist die Kenntnis biobasierter Werkstoffe und Vorprodukte, da ein Unternehmen eine biobasierte Alternative nur dann einsetzen kann, wenn deren Existenz und Eignung für die jeweilige Anwendung bekannt sind. Die Unternehmensbefragung zeigt hier eine deutliche Lücke: Ein Teil der Betriebe kann nicht angeben, ob biobasierte Materialien im eigenen Unternehmen eingesetzt werden, und unter jenen, die eine verstärkte Nutzung planen, ist der konkrete Anwendungsbereich vielfach nicht benennbar. Beim Unterstützungsbedarf stehen entsprechend Best-Practice-Beispiele, technologische Beratung und Vernetzung an führender Stelle und bilden zusammen den größten Bedarfsblock der Befragung. Mit den Clustern der Standortagentur Tirol, dem Circular Hub, proHolz Tirol und Bioeconomy Austria bestehen die erforderlichen Trägerstrukturen bereits, sodass dieses Handlungsfeld ohne wesentlichen Vorlauf umsetzbar ist.

8.4 Verfahrensweg der Phosphorrückgewinnung festlegen

Von den betrachteten Handlungsfeldern weist dieses das engste Zeitfenster auf, da die zugrunde liegenden Anlagenentscheidungen bereits anstehen. Mit der Verpflichtung zur Monoverbrennung des Klärschlamms entfällt für die Co-Vergärung an Kläranlagen die stoffliche Nutzung des Gärrests, sodass sich die Nährstoffrückführung vollständig auf die Phosphorrückgewinnung aus der Asche verlagert.

Für die Rückgewinnung stehen zwei Verfahrenswege zur Verfügung. Die thermochemische Behandlung unter Zugabe von Additiven reichert Schwermetalle ab und erzeugt Aschen, die bei Einhaltung der Grenzwerte direkt als Düngemittel eingesetzt werden können; sie ist dezentral umsetzbar. Die nasschemische Aufbereitung zu Sekundärrohstoffen erfordert demgegenüber Aschemengen, die nur in einem überregionalen Ansatz bereitgestellt werden können. Welcher Weg sich langfristig durchsetzt, ist nach derzeitigem Stand von Technik und Regulierung nicht absehbar. Die Verfahrenswahl bestimmt die Auslegung der geplanten Anlage sowie den Bedarf an Kooperationen mit anderen Bundesländern und ist über deren Betriebsdauer bindend. Sie sollte daher frühzeitig und auf Grundlage einer belastbaren Bewertung beider Pfade getroffen werden.

Eine Beteiligung Tirols an den einschlägigen fachlichen Formaten ist Voraussetzung dafür, eine überregionale Aufbereitungslösung überhaupt als Option offenzuhalten, da sie den Abgleich von Aschemengen und Zeitplänen mit anderen Bundesländern ermöglicht. Eine eigenständige nationale Phosphorplattform nach dem Vorbild der Deutschen Phosphor Plattform (DPP) besteht in Österreich nicht; das Thema wird über bestehende Netzwerke und Arbeitsgruppen aus Forschung und Industrie bearbeitet, insbesondere im Rahmen

von Bioeconomy Austria, das den Innovationsbedarf zur Phosphorbewirtschaftung als eigenes Themenfeld führt. Auf europäischer Ebene bietet die European Sustainable Phosphorus Platform (ESPP) Zugang zu Betriebserfahrungen aus bereits umgesetzten Anlagen.

8.5 Vergärungskapazität für biogene Abfälle ausbauen und Substratqualität sichern

Von den rund 90.000 t getrennt erfasster biogener Abfälle wird ein erheblicher Teil derzeit zur Behandlung exportiert oder kompostiert und damit stofflich, aber nicht energetisch genutzt. Es handelt sich um eine Größenordnung von rund 39.000 t pro Jahr. Nicht einbezogen ist dabei der Strauchschnitt, der aufgrund seines lignocellulosischen Charakters für die anaerobe Vergärung ungeeignet ist und in der Kompostierung zutreffend zugeordnet bleibt.

Durch die Errichtung einer zusätzlichen Anlage oder die Erweiterung bestehender Anlagen ließen sich diese Stoffströme im Land behandeln, energetisch und stofflich kaskadisch nutzen und die enthaltenen Nährstoffe über den Gärrest bei entsprechender Qualität in die regionale Landwirtschaft zurückführen. Dieses Handlungsfeld weist unter den betrachteten die höchste Umsetzungsreife auf, da Sammelsystem und Mengengerüst bestehen und allein die Behandlungskapazität fehlt. Es sollte gemeinsam mit der Erschließung des Wirtschaftsdüngers geplant werden, da die energiereichen Abfallsubstrate zugleich die Co-Substrate sind, die gemeinschaftliche Anlagen wirtschaftlich tragfähig machen.

Voraussetzung ist eine Verringerung des Störstoffgehalts, da Fremdbestandteile sowohl die Prozessstabilität als auch die landwirtschaftliche Verwertbarkeit von Gärrest und Kompost beeinträchtigen. Ansatzpunkte sind der Umstieg auf Vorsammelhilfen aus Papier anstelle von Biokunststoffbeuteln sowie Tanksysteme für Reststoffe aus Gewerbe und Gastronomie. Parallel dazu ist der Erfassungsgrad zu erhöhen, da der organische Anteil im Restmüll zeigt, dass die getrennte Sammlung nicht ausgeschöpft ist. Beide Maßnahmen sind der Anlagenerrichtung zeitlich vorgelagert, weil Auslegung und Wirtschaftlichkeit unmittelbar von Menge und Qualität des Substrats abhängen.

8.6 Naturfasern: Verarbeitung im Land halten, Anwendungen entwickeln

Bei Schafwolle liegt die vordringliche Aufgabe darin, die Verarbeitungsstufen zwischen gewaschener Wolle und Fertigprodukt wieder verfügbar zu machen. Solange der Erzeugerpreis die Schurkosten nicht deckt, entsteht die von den Verarbeitern benötigte Qualität allerdings gar nicht erst; Verarbeitungskapazität und Preisbildung sind daher nur gemeinsam anzugehen.

Bei Hanf stellt sich die Frage nach Verarbeitungsstufen derzeit nicht. Mit 7 ha Anbaufläche und 27 t Erntemenge jährlich liegt das Tiroler Aufkommen weit unterhalb jeder Anlagengröße; das Stroh verbleibt überwiegend am Feld, weil Ernte, Röste und Transport mehr kosten, als die Faser einbringt.

Der Handlungsbedarf liegt hier in Forschung und Produktentwicklung. Naturfasern sind ein zentraler Hebel zur Substitution erdölbasierter Werkstoffe in Dämmung, Faserverbundwerkstoffen, Vliesen und Formteilen und damit für die Defossilisierung von Bauwirtschaft und Mobilität. Mit dem GROWNlab am Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften der Universität Innsbruck besteht dafür bereits eine einschlägige Struktur. Erforderlich ist, diese Forschung mit den verarbeitenden Betrieben und den Rohstoffanbietern zusammenzuführen und auf marktfähige Produkte auszurichten: Welche Anwendungen lassen sich mit welcher Faserqualität herstellen, welche Kosten- und Leistungsanforderungen müssen sie erfüllen, und in welchen Mengen wären sie absetzbar. Da bei Schafwolle wie bei Hanf zunächst Anwendungen entwickelt werden müssen, bevor Verarbeitungskapazität tragfähig wird, ist dieses Handlungsfeld langfristig angelegt.

8.7 Zusammenführung und Priorisierung

Die sechs Handlungsfelder sind nicht unabhängig voneinander umzusetzen. Die energetische Erschließung der Wirtschaftsdünger und der Ausbau der Vergärungskapazität für biogene Abfälle betreffen dieselbe Technologie und dieselben Standortfragen; die energiereichen Abfallsubstrate sind zugleich die Co-Substrate, die gemeinschaftliche Anlagen wirtschaftlich tragfähig machen. Beide Felder sind daher gemeinsam zu planen. Die Verfahrenswahl bei der Phosphorrückgewinnung ist demgegenüber zeitlich vorzuziehen, weil die zugrunde liegenden Anlagenentscheidungen bereits anstehen und über die Betriebsdauer der Anlage bindend sind. Die Erhöhung der Wertschöpfungstiefe in der Holzwirtschaft und die Entwicklung von Naturfaseranwendungen sind langfristig angelegt und über mehrere Investitionszyklen zu betrachten. Die Vernetzung der Betriebe wirkt als Querschnittsaufgabe auf alle übrigen Felder und ist ohne wesentlichen Vorlauf umsetzbar.

9 Literaturverzeichnis

A. Alsanad, M., Sassine, Y. N., El Sebaaly, Z., & Abou Fayssal, S. (2021). Spent coffee grounds influence on Pleurotus ostreatus production, composition, fatty acid profile, and lignocellulose biodegradation capacity. *CyTA - Journal of Food*, *19*(1), 11–20. https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1845243

Ali, O. A., Pattnaik, R., Afyare, A. A. A., Lima-Junior, S. E., Adam, A. M., & Espinoza, R. J. R. (2026). Recent advances in lignocellulosic waste valorization for bioenergy and high-value products within a circular bioeconomy. *Discover Sustainability*, *7*(1), 966. https://doi.org/10.1007/s43621-026-03054-7

AMA. (2024). *Weniger Milchlieferanten in allen Bundesländern*. AgrarMarkt Austria (AMA). Abgerufen am 13.08.2026 von https://www.ama.at/marktinformationen/milch-und-milchprodukte/aktuelle-informationen/2024/weniger-milchlieferanten-in-allen-bundeslaendern

Amtmann, V. (2026). Persönliche Mitteilung. Amtmann Vera, Geschäftsführerin Bean Safer.

Asdrubali, F., D'Alessandro, F., & Schiavoni, S. (2015). A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable Materials and Technologies*, *4*, 1–17. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.susmat.2015.05.002

AustroCel. (2026). *Unsere Bioproducts – innovative Nutzung von Holzreststoffen*. AustroCel Hallein GmbH. Abgerufen am 28.07.2026 von https://www.austrocel.com/de/bioraffinerie/bioproducts/

Austropapier. (2026). *Papierfabrik Wattens*. Abgerufen am 11.08.2026 von https://austropapier.at/mitglieder/papierfabrik-wattens/

Berglandmilch. (2017). *Tirol Milch - Pressefahrt auf die Tirol Milch Alm*. Berglandmilch eGen. Abgerufen am 11.08.2026 von https://www.berglandmilch.at/de/presse/tirol-milch-pressefahrt-auf-die-tirol-milch-alm

Binderholz GmbH. *binderholz – Natur in Architektur*. Abgerufen am 11.08.2026 von https://www.binderholz.com/

Biodiesel Kärnten. (2026). *Unternehmen und Produktion*. Abgerufen am 05.08.2026 von https://www.biodiesel-kaernten.com/

Bioeconomy Austria. (2026a). *Bioeconomy-Showcase-Sammlung sowie Branchentag Holz, Campus Rotholz*. Abgerufen am 05.08.2026 von https://www.bioeconomy-austria.at/

Bioeconomy Austria. (2026b). *EinBlick - Bioökonomie in Österreich*. Jahrbuch 2026.

Biowärme Tirol. (2026). *Verband und Zahlen*. Arbeitsgemeinschaft der Biomasseheizwerke und erneuerbaren Nahwärmenetzbetreiber Tirol. Abgerufen am 05.08.2026 von https://biowaerme.tirol

BMF, & BMK. (2024). *Österreichische Carbon Management Strategie (CMS)*. https://www.bundeskanzleramt.gv.at/dam/jcr:7fc71c2b-3f98-4893-bd8c-5d1a2f9f89e7/103a_1_bei_nbf.pdf

BMK. (2024). *Altspeiseölanalyse: Studie zur Förderung inländischer Verwertung von heimischem Altspeiseöl*. U. Bundesministerium für Klimaschutz, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). https://www.bmimi.gv.at/dam/jcr:5e57bf8d-36b2-4708-8301-595c78daa976/Altspeiseoelanalyse_20241021_final.pdf

BMK. (2025). *Fact Sheet Bioökonomie*. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie.

BMK, & BMLUK. (2022). *Aktionsplan für die Umsetzung der Bioökonomiestrategie*. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie und Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft. Abgerufen am 17.08.2026 von https://www.bmluk.gv.at/themen/klima-und-umwelt/nachhaltigkeit/biooekonomie/aktionsplan.html

BMLUK. (2025). *Holzeinschlagsmeldung 2025*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft. https://www.bmluk.gv.at/

BMLUK. (2026). *Studie: Wertschöpfungskette Wald und Holz sichert Arbeitsplätze*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft,. Abgerufen am 21.10.2026 von https://www.bmluk.gv.at/themen/wald/wald-in-oesterreich/wald-und-zahlen/wertschoepfungskettewaldholz.html?utm_source=chatgpt.com

BMNT, BMBWF, & BMVIT. (2019). *Bioökonomie: Eine Strategie für Österreich*. https://www.bmluk.gv.at/dam/jcr:afe13804-4571-4e1b-aca7-51e01f8a43cc/Oe_Biooekonomie_Strategie%20(1).pdf

Bułkowska, K., & Zielińska, M. (2025). Enhanced Anaerobic Digestion of Spent Coffee Grounds: A Review of Pretreatment Strategies for Sustainable Valorization. *Energies*, *18*(18), 4810.

Chandra, R., Castillo-Zacarias, C., Delgado, P., & Parra-Saldívar, R. (2018). A biorefinery approach for dairy wastewater treatment and product recovery towards establishing a biorefinery complexity index. *Journal of Cleaner Production*, *183*, 1184–1196. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.124

Chopda, R., Tsapekos, P., Robles-Aguilar, A., de Souza, M. F., Akyol, Ç., Speelman, S., Angelidaki, I., & Meers, E. (2024). From grass to lactic acid and energy: evaluating pretreatment techniques for enhanced biorefinery outputs. *Biomass Conversion and Biorefinery*, *15*(5), 7179–7189. https://doi.org/10.1007/s13399-024-05776-y

Common Affairs GmbH. (2024). *Potenzialanalyse – Entwicklung von regionalen und nachhaltigen Wertschöpfungskreisläufen zur Schafwolle in Österreich*. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK).

Costa, J. M., Ampese, L. C., Ziero, H. D. D., Sganzerla, W. G., & Forster-Carneiro, T. (2022). Apple pomace biorefinery: Integrated approaches for the production of bioenergy, biochemicals, and value-added products – An updated review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *10*(5), 108358. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.108358

Cruz, R., Baptista, P., Cunha, S., Pereira, J. A., & Casal, S. (2012). Carotenoids of Lettuce (Lactuca sativa L.) Grown on Soil Enriched with Spent Coffee Grounds. *Molecules*, *17*(2), 1535–1547.

de Jong, E., & Jungmeier, G. (2015). Chapter 1 - Biorefinery Concepts in Comparison to Petrochemical Refineries. In A. Pandey, R. Höfer, M. Taherzadeh, K. M. Nampoothiri, & C. Larroche (Eds.), *Industrial Biorefineries & White Biotechnology* (pp. 3–33). Elsevier. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63453-5.00001-X

econmove. (2025). *Die volks- und regionalwirtschaftliche Bedeutung der Forst- und Holzwirtschaft in Österreich*. https://www.bmluk.gv.at/dam/jcr:e8ca2f94-98c9-4728-81eb-031aea247bc4/Econmove_Holzsatellitenkonto_%C3%96sterreich_nicht-barrierefrei.pdf

ecoplus. (o. J.). *Bioeconomy Austria – das Tor zur österreichischen Bioökonomie*. Abgerufen am 15.10.2026 von https://www.ecoplus.at/vernetzen/bioeconomy-austria-das-tor-zur-oesterreichischen-biooekonomie

EGGER. (2026). *EGGER: Ihr Komplettanbieter für den Möbel- und Innenausbau, den konstruktiven Holzbau sowie für holzwerkstoffbasierende Fußböden*. FRITZ EGGER GmbH & Co. OG. Abgerufen am 11.08.2026 von https://www.egger.com/de/?country=AT

Egle, L., Rechberger, H., Krampe, J., & Zessner, M. (2016). Phosphorus recovery from municipal wastewater: An integrated comparative technological, environmental and economic assessment of P recovery technologies. *Science of The Total Environment*, *571*, 522–542. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.019

Europäische Kommission. (2025). *Ein strategischer Rahmen für eine wettbewerbsfähige und nachhaltige Bioökonomie in der EU* (COM(2025) 960 final). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=COM:2025:0960:FIN

Fachverband der Holzindustrie Österreichs. (2026). *Branchenbericht 2025/2026*. https://www.holzindustrie.at/media/mginahxw/branchenbericht_2025_2026_digitale_version_final.pdf

Gaffey, J., Rajauria, G., McMahon, H., Ravindran, R., Dominguez, C., Ambye-Jensen, M., Souza, M. F., Meers, E., Aragonés, M. M., Skunca, D., & Sanders, J. P. M. (2023). Green Biorefinery systems for the

production of climate-smart sustainable products from grasses, legumes and green crop residues. *Biotechnology Advances*, *66*, 108168. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2023.108168

González, R., García-Cascallana, J., & Gómez, X. (2023). Energetic valorization of biogas. A comparison between centralized and decentralized approach. *Renewable Energy*, *215*, 119013. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119013

Haaser, J. (2026). *Tirols Forstwirtschaft sichert Wälder und Wertschöpfung!* Landwirtschaftskammer Tirol. Abgerufen am 22.10.2026 von https://tirol.lko.at/tirols-forstwirtschaft-sichert-w%C3%A4lder-und-wertsch%C3%B6pfung%2B2400%2B4394460

Hauer Umweltwirtschaft GmbH. (2019). *Analysen des Restabfalls in Tirol 2018/19*. Technisches Büro HAUER Umweltwirtschaft GmbH im Auftrag des Amtes der Tiroler Landesregierung.

Hjorth, M., Christensen, K. V., Christensen, M. L., & Sommer, S. G. (2010). Solid—liquid separation of animal slurry in theory and practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *30*(1), 153–180. https://doi.org/10.1051/agro/2009010

Holzforschung Austria. (2026). *Forschung & Entwicklung, Prüfung, Zertifizierung*. Österreichische Gesellschaft für Holzforschung. Abgerufen am 28.07.2026 von https://holzforschung.at/

Höpperger. (2026). *Kaffeekapselaufbereitung*. Abgerufen am 28.07.2026 von https://hoepperger.at/abfallaufbereitungen/kaffeekapselaufbereitung

Hupfauf, S. (2026). Persönliche Mitteilung: Mengen an getrennt gesammelten Bioabfällen. Sebastian Hupfauf, Tiroler Landesregierung, Abteilung Umweltschutz (Abfallreferat).

Kaffeeform. (2026). *Unser Material*. Kaffeeform GmbH. Abgerufen am 22.06.2026 von https://www.kaffeeform.com/de/material/?utm_source=chatgpt.com

Karmee, S. K. (2018). A spent coffee grounds based biorefinery for the production of biofuels, biopolymers, antioxidants and biocomposites. *Waste Management*, *72*, 240–254. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.042

Kondamudi, N., Mohapatra, S. K., & Misra, M. (2008). Spent Coffee Grounds as a Versatile Source of Green Energy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *56*(24), 11757–11760. https://doi.org/10.1021/jf802487s

Krenz, L. M. M., & Pleissner, D. (2022). Valorization of landscape management grass. *Biomass Conversion and Biorefinery*, *14*(3), 2889–2905. https://doi.org/10.1007/s13399-022-02568-0

Land Tirol (2000): Tiroler Feldschutzgesetz,. https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrT&Gesetzesnummer=20000058

Land Tirol (2021a): Tiroler Nachhaltigkeits- und Klimastrategie „Leben mit Zukunft“. Beschluss der Tiroler Landesregierung vom 25.05.2021., (2021a).

Land Tirol (2021b): Tiroler Waldstrategie 2030 – Unsere Leitlinie für die Zukunft.

Land Tirol (2024): Energie-Zielszenario Tirol 2050 – Aktualisierung 2024.

Land Tirol (2025): Maßnahmenprogramm 2025–2027 zur Tiroler Nachhaltigkeits- und Klimastrategie.

Land Tirol. (2026). *Statistik – Land- und Forstwirtschaft*. Sachgebiet Landesstatistik Tirol / Amt der Tiroler Landesregierung. Abgerufen am 28.07.2026 von https://statistik.tirol.gv.at/homepage/landwirtschaft/index.html

Lemes, Y. M., Nyord, T., Feilberg, A., Hafner, S. D., & Pedersen, J. (2023). Effect of anaerobic digestion on odor and ammonia emission from land-applied cattle manure. *Journal of Environmental Management*, *338*, 117815. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117815

Lenzing. (2023). *Geschäfts- und Nachhaltigkeitsbericht 2023 - Net Benefit-Ansatz*. Lenzing Gruppe. Abgerufen am 28.07.2026 von https://reports.lenzing.com/geschaefts-und-nachhaltigkeitsbericht/2023/nachhaltigkeit/umweltinformationen/nachhaltige-innovationen/net-benefit-ansatz.html

Lichtmannegger, T., Kinzel, C., Ebner, C., & Bockreis, A. (2024). Effective grease separator management is the key to enhancing bioenergy recovery of fat, oil, and grease (FOG) and contributing to a circular bio-economy. *Sci Total Environ*, *949*, 175252. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175252

Liening-Ewert, T. (2026). Persönliche Mitteilung: Mengen an tierischen Nebenprodukten in Tirol und deren Verarbeitung. Thorsten Liening-Ewert, Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Landesveterinärdirektion.

Martins, L. C., Monteiro, C. C., Semedo, P. M., & Sa-Correia, I. (2020). Valorisation of pectin-rich agro-industrial residues by yeasts: potential and challenges. *Appl Microbiol Biotechnol*, *104*(15), 6527–6547. https://doi.org/10.1007/s00253-020-10697-7

Massaya, J., Prates Pereira, A., Mills-Lamptey, B., Benjamin, J., & Chuck, C. J. (2019). Conceptualization of a spent coffee grounds biorefinery: A review of existing valorisation approaches. *Food and Bioproducts Processing*, *118*, 149–166. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.08.010

Miśkiewicz, K., Gendaszewska, D., Sieczyńska, K., & Gutarowska, B. (2025). Agri-food wastes as substrates for oyster mushroom (Pleurotus ostreatus) cultivation and their agricultural potential. *Scientific Reports*, *15*(1), 42617. https://doi.org/10.1038/s41598-025-26843-y

Möller, K., & Müller, T. (2012). Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. *Engineering in Life Sciences*, *12*(3), 242–257. https://doi.org/10.1002/elsc.201100085

Mubareka, S., Giuntoli, J., Sanchez Lopez, J., Lasarte Lopez, J., M'Barek, R., Ronzon, T., Renner, A., & Avraamides, M. (2023). *Trends in the EU bioeconomy: An assessment based on the EU Bioeconomy Monitoring System* (JRC132639).

Münzer. (2026). *Altspeiseölsammlung und Verwertung*. Münzer Bioindustrie GmbH. Abgerufen am 05.08.2026 von www.muenzer.at

Mussatto, S. I., Machado, E. M. S., Martins, S., & Teixeira, J. A. (2011). Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues. *Food and Bioprocess Technology*, *4*(5), 661–672. https://doi.org/10.1007/s11947-011-0565-z

Naseem, Z., Bhat, N. A., & Mir, S. A. (2024). Valorisation of apple pomace for the development of high-fibre and polyphenol-rich wheat flour cookies. *Scientific Reports*, *14*(1), 25912. https://doi.org/10.1038/s41598-024-77377-8

Njakou Djomo, S., Knudsen, M. T., Martinsen, L., Andersen, M. S., Ambye-Jensen, M., Møller, H. B., & Hermansen, J. E. (2020). Green proteins: An energy-efficient solution for increased self-sufficiency in protein in Europe. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, *14*(3), 605–619. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/bbb.2098

Novartis. (2026). *Novartis eröffnet in Schaftenau weltweit modernste Biopharmazeutika-Produktionsanlage*. Novartis Österreich. Abgerufen am 11.08.2026 von https://www.novartis.com/at-de/stories/novartis-eroeffnet-schaftenau-weltweit-modernste-biopharmazeutika-produktionsanlage

ÖBSZ. (2021). *Grundlagen der Schafhaltung*. Österreichischer Bundesverband für Schafe und Ziegen (ÖBSZ).

ÖBSZ. (2024). *AUTWool - Gemeinsam Wolle Wert geben - Projektdokumentation*. Österreichischer Bundesverband für Schafe und Ziegen (ÖBSZ). Abgerufen am 05.08.2026 von https://autwool.com/

ÖBSZ. (2025). *Jahresbericht 2024. Wollertrag auf Basis von Daten der Statistik Austria*.

Panesar, P. S., Kennedy, J. F., Gandhi, D. N., & Bunko, K. (2007). Bioutilisation of whey for lactic acid production. *Food Chemistry*, *105*(1), 1–14. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.035

Pantelopoulos, A., Magid, J., & Jensen, L. S. (2016). Thermal drying of the solid fraction from biogas digestate: Effects of acidification, temperature and ventilation on nitrogen content. *Waste Management*, *48*, 218–226. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.10.008

Papargyropoulou, E., Lozano, R., K. Steinberger, J., Wright, N., & Ujang, Z. b. (2014). The food waste hierarchy as a framework for the management of food surplus and food waste. *Journal of Cleaner Production*, *76*, 106–115. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.04.020

Prader, M. (2026). Persönliche Mitteilung: Email - Schafwollmengen in Tirol. Martin Prader, Schaf- und Ziegenzucht Tiro eGen.

Pradhan, D., Jaiswal, S., Tiwari, B. K., & Jaiswal, A. K. (2026). Valorisation of Barley Straw for Sustainable Nanocellulose Production via Subcritical Alkaline Hydrolysis and HDES-Assisted Processing. *Molecules*, *31*(3), 451.

proHolz Tirol. (2026). *Holzflussbild gesamt: Holzströme nach, in und aus Tirol. Bezugsjahr 2022*. https://www.proholz-tirol.at/files/260413_holzflussbild_veroeffentlichung.pdf

Ramos-Suarez, M., Zhang, Y., & Outram, V. (2021). Current perspectives on acidogenic fermentation to produce volatile fatty acids from waste. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, *20*(2), 439–478. https://doi.org/10.1007/s11157-021-09566-0

Reinberg, V., Kisser, J., Biebl, A., Kantauer, I., Edlinger, J., Müller, M., Gronalt, M., Niederwieser, J., Ganglberger, E., Thaler, J., Steffl, T. . (2020). *Austrian Biocycles — Biobasierte Industrie als Bestandteil der Kreislaufwirtschaft* (Berichte aus der Energie- und Umweltforschung.

Verordnung der Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, des Bundesministers für Arbeit und Wirtschaft und des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft über die Verbrennung von Abfällen (Abfallverbrennungsverordnung 2024 – AVV 2024), (2024). https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/II/2024/118

Robert, N., Giuntoli, J., Araujo, R., Avraamides, M., Balzi, E., Barredo, J. I., Baruth, B., Becker, W., Borzacchiello, M. T., Bulgheroni, C., Camia, A., Fiore, G., Follador, M., Gurria, P., la Notte, A., Lusser, M., Marelli, L., M'Barek, R., Parisi, C.,…Mubareka, S. (2020). Development of a bioeconomy monitoring framework for the European Union: An integrative and collaborative approach. *New Biotechnology*, *59*, 10–19. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nbt.2020.06.001

Rohrer, P., & Wagner, R. (2023). *Verwertungsstrategie von Gemüsereststoffen im Tiroler Kontext* (Endbericht zum Projekt VerStraGem, https://www.qualitaet.tirol/images/Landingpages/EndBericht_VerStraGem_2023-08.pdf

Sandoz. (2024). *Laktose aus Tiroler Milch für Penicillinproduktion*. Sandoz Österreich. Abgerufen am 05.08.2026 von https://www.sandoz.com/at-de/aktuelles/presseinformationen/laktose-aus-tiroler-milch-fuer-penicillinproduktion/

Sandoz. (2026). *Dünger statt Abfall*. Abgerufen am 05.08.2026 von https://www.sandoz.com/at-de/ueber-uns/verantwortung/umwelterklaerung/duenger-statt-abfall/

Santamaría-Fernández, M., & Lübeck, M. (2020). Production of leaf protein concentrates in green biorefineries as alternative feed for monogastric animals. *Animal Feed Science and Technology*, *268*, 114605. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114605

Shinali, T. S., Zhang, Y., Altaf, M., Nsabiyeze, A., Han, Z., Shi, S., & Shang, N. (2024). The Valorization of Wastes and Byproducts from Cruciferous Vegetables: A Review on the Potential Utilization of Cabbage, Cauliflower, and Broccoli Byproducts. *Foods*, *13*(8), 1163.

Sikander, A., Deegener, S., & Körner, I. (2024). Decomposition of biodegradable plastic bags for kitchen waste collection in industrial composting [Original Research]. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *Volume 8 - 2024*.

SONA. (2025). *Biobasierte Beschilderungssysteme aus Hanffasern*. SONA - Green Composites GmbH. Abgerufen am 05.08.2026 von https://www.sona-green.com

Standortagentur Tirol. (o. J.). *Alles bio? Umfrage zu biobasierten Materialien. Projekt Bioeconomy Austria.* https://www.standort-tirol.at/projekte/umfrage-materialien--loesungen

Statistik Austria. (2025). *Erntemengen und Anbauflächen sowie Viehbestände in Österreich*. Bundesanstalt Statistik Österreich. https://www.statistik.at

Statistik Austria. (2026a). *ATcube – Statistische Datenbank von STATISTIK AUSTRIA - Schafbestand*. Retrieved 04.05.2026 from https://statcube.at

Statistik Austria. (2026b). *Energiebilanz Tirol 1988 - 2024*. Im Auftrag der Bundesländer. Abgerufen am 05.08.2026 von https://www.statistik.at/statistiken/energie-und-umwelt/energie/energiebilanzen

Statistik Austria. (2026c). *Feldfrucht- und Dauerwiesenproduktion – endgültiges Ergebnis 2025*, Ernteerhebung.

Statistik Austria. (2026d). *Obsternte*. Abgerufen am 03.08.2028 von statistik.at/statistiken/land-und-forstwirtschaft/pflanzenbau/obst/obsternte

Statistik Austria. (2026e). *STATcube - Statistische Datenbank*. Abgerufen am 04.05.2026 von https://www.statistik.at/datenbanken/statcube-statistische-datenbank

Stiedry, T. (2025). Persönliche Mitteilung. Tanjy Stiedry, Firma Hut und Stiel.

top agrar. (2025). *Eiweiß direkt aus Klee und Gras gewinnen* https://www.topagrar.com/oesterreich/hier-wird-eiweiss-direkt-aus-klee-und-gras-gewonnen-20017696.html

top.tirol. (2026a). *Binderholz*. Abgerufen am 11.08.2026 von https://www.top.tirol/unternehmen/schwaz/binderholz-gmbh

top.tirol. (2026b). *Papierfabrik Wattens – Zigaretten- & Filterpapier aus Tirol*. TARGET GROUP Publishing GmbH. Abgerufen am 11.08.2026 am https://www.top.tirol/unternehmen/innsbruck-land/papierfabrik-wattens-gmbh-co-kg

top.tirol. (2026c). *Sandoz GmbH*. Abgerufen am 11.08.2026 von https://www.top.tirol/unternehmen/kufstein/sandoz-gmbh

TripleW. (2025). *Waste-based lactic acid factory is the first to open in the green district of the Port of Antwerp*. Abgerufen am 17.08.2026 von https://www.triplew.co/press/waste-based-lactic-acid-factory-is-the-first-to-open-in-the-green-district-of-the-port-of-antwerp

Universität Innsbruck, Winkler, H. K. (2024). *Klärschlamm-Behandlung - Optionen 2033 im Bundesland Salzburg*. https://www.salzburg.gv.at/fileadmin/SP-Dateien/umweltnaturwasser_/Documents/Umwelt/klaerschlammbehandlung.pdf

Valentino, F., Moretto, G., Lorini, L., Bolzonella, D., Pavan, P., & Majone, M. (2019). Pilot-Scale Polyhydroxyalkanoate Production from Combined Treatment of Organic Fraction of Municipal Solid Waste and Sewage Sludge. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, *58*(27), 12149–12158. https://doi.org/10.1021/acs.iecr.9b01831

Vaneeckhaute, C., Lebuf, V., Michels, E., Belia, E., Vanrolleghem, P. A., Tack, F. M. G., & Meers, E. (2016). Nutrient Recovery from Digestate: Systematic Technology Review and Product Classification. *Waste and Biomass Valorization*, *8*(1), 21–40. https://doi.org/10.1007/s12649-016-9642-x

Vargas-Carpintero, R., & Schlecht, V. (2026). Bio-Based Value Chains and Webs. In I. Lewandowski, L. Mayorga-Duarte, P. Scheurich, R. Vargas-Carpintero, V. Schlecht, & J. Weik (Eds.), *Bioeconomy: Advancing the Transition to a Sustainable, Biobased Economy* (pp. 73–96). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-032-09098-0_4

Wasser Tirol, Innsbrucker Kommunalbetriebe, Abfallwirtschaft Tirol Mitte & Universität Innsbruck. (2022). *Rest- und Abfallstoffe in Tirol als Ressourcen im zukünftigen Energiesystem*. Amt der Tiroler Landesregierung (Abteilung Wasser-, Forst- und Energierecht).

White IP. (2023). *Studie zur Analyse des Marktes für Schafschurwolle aus Deutschland – Stand, Potenziale, Hemmnisse und Handlungsempfehlungen*.

Winkler, H. K. (2021). *Klärschlammverwertung in Tirol - Konzept für eine landesweite Strategie*. Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Wasserwirtschaft.

Zoboli, O., Zessner, M., & Rechberger, H. (2016). Supporting phosphorus management in Austria: Potential, priorities and limitations. *Science of The Total Environment*, *565*, 313–323. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.171

i. Anhang– Workshop Bioökonomie in Tirol und Ergebnisse der Thementische

Der Workshop „Bioökonomie in Tirol“ fand am 2. Juli 2026 bei Tirol Milch in Wörgl statt. Nach der Präsentation der Zwischenergebnisse von Studie und Unternehmensbefragung wurden die Teilnehmer:innen eingeladen, die vorgestellten Handlungsfelder zu priorisieren. Das Ergebnis der Priorisierung ist subjektiv und spiegelt die persönliche Meinung der Teilnehmer:innen wider. Die Priorisierung soll auch dazu dienen, Themen für nachfolgende Workshopformate zu definieren.

Programm

- 13:30 Uhr – Begrüßung
- 13:40 Uhr – Einführung: Vorstellungsrunde, Vorstellung von Bioeconomy Austria und Bedeutung der Bioökonomie für die Region.
- 14:15 Uhr – Ergebnisse der Studie und der Unternehmensbefragung: einschließlich der Vorstellung möglicher Handlungsfelder.
- 15:00 Uhr – Pause: Zeit zum Netzwerken und Priorisierung der Handlungsfelder durch die Teilnehmer:innen.
- 15:30 Uhr – Gemeinsame Entwicklung erster Handlungsfelder: Vertiefung an drei Thementischen zu Holz, den Anforderungen produzierender Unternehmen und der Bereitstellung regionaler organischer Reststoffe.
- 17:00 Uhr – Zusammenfassung, Feedbackrunde und Ausblick
- 17:15 Uhr – Ende

ii. Anhang– Bearbeitung der Handlungsfelder an den Thementischen

Drei Handlungsfelder wurden vom Projektteam vorab ausgewählt, um diese mit den Teilnehmer:innen an Thementischen zu diskutieren und auf Basis ihres Feedbacks in Richtung Umsetzung weiterzuentwickeln. Die Thementische wurden anhand einer strukturierten Postervorlage moderiert und dokumentiert. Die Thementische waren für die Teilnehmer:innen frei wählbar.



Abbildung A.1: Postervorlage zur Moderation und Dokumentation der Handlungsfelder an den Thementischen.

Folgende Handlungsfelder wurden im Rahmen des Workshops an den Thementischen diskutiert:

- Holz mit Fokus auf besondere Aspekte der Wertschöpfungskette;
- Was brauchen insbesondere produzierende Unternehmen, um mehr biobasierte Materialien und Rohstoffe einzusetzen?
- Bereitstellung von regionalen organischen Reststoffen für die Bioökonomie: Aufkommen, Sammlung und Behandlung.

Was brauchen insbesondere produzierende Unternehmen, um mehr biobasierte Materialien und Rohstoffe einzusetzen?

Die grundlegenden Impulse für die Diskussion lieferten Ergebnisse einer von der Standortagentur Tirol beauftragten Online-Befragung von produzierenden Unternehmen mit Firmensitz in Tirol. Für das Handlungsfeld besonders relevante Ergebnisse wurden am Thementisch diskutiert und exemplarisch mit den konkreten Bedürfnissen eines Industrieunternehmens gemeinsam mit Stakeholdern reflektiert. Die Online-Befragung wurde im Rahmen des Projektes Bioeconomy Austria im Auftrag der Standortagentur Tirol vom Dienstleister Business Beat im Zeitraum von Mai bis Juni 2026 durchgeführt. Zielgruppe der Befragung waren produzierende Unternehmen mit Firmensitz in Tirol. Ziel der Befragung war es, einen Überblick zum Status und zum künftigen Anwendungspotenzial von biogenen Materialien in produzierenden Unternehmen zu erhalten. Weiters wurden Aufkommen und Verwertung von biobasierten Rest- und Abfallstoffen in den Betrieben eruiert. Faktoren, die als Hürden oder Hilfestellung für die verstärkte Nutzung biobasierter Materialien wahrgenommen werden, wurden ebenfalls berücksichtigt. Die Einladung zur Mitwirkung an der

Umfrage wurde vor allem über die Cluster der Standortagentur Tirol und proHolz Tirol kommuniziert. Dies hatte Auswirkungen auf die Branchenverteilung der mitwirkenden Unternehmen, mit einem hohen Anteil an Unternehmen, die bereits mit dem Material Holz arbeiten. Für das Handlungsfeld besonders relevante Ergebnisse der Umfrage sind in den nachfolgenden Grafiken dargestellt. Die gesamten Umfrageergebnisse werden in einem eigenen Dokument ergänzend zur Studie veröffentlicht.

Wie nutzen oder entsorgen Unternehmen derzeit eigene biogene Rest- und Abfallstoffe?

Rund die Hälfte der befragten Unternehmen kann ihre biogenen Rest- und Abfallstoffe direkt energetisch nutzen. Rund ein Drittel der Befragten gibt ihre Abfallstoffe an die Abfallwirtschaft zur weiteren Behandlung beziehungsweise Entsorgung weiter. Bemerkenswert erscheint die Aussage, dass rund ein Viertel der befragten Unternehmen biogene Reststoffe bereits an andere Unternehmen weitergibt und rund ein Fünftel diese im eigenen Betrieb stofflich nutzt.

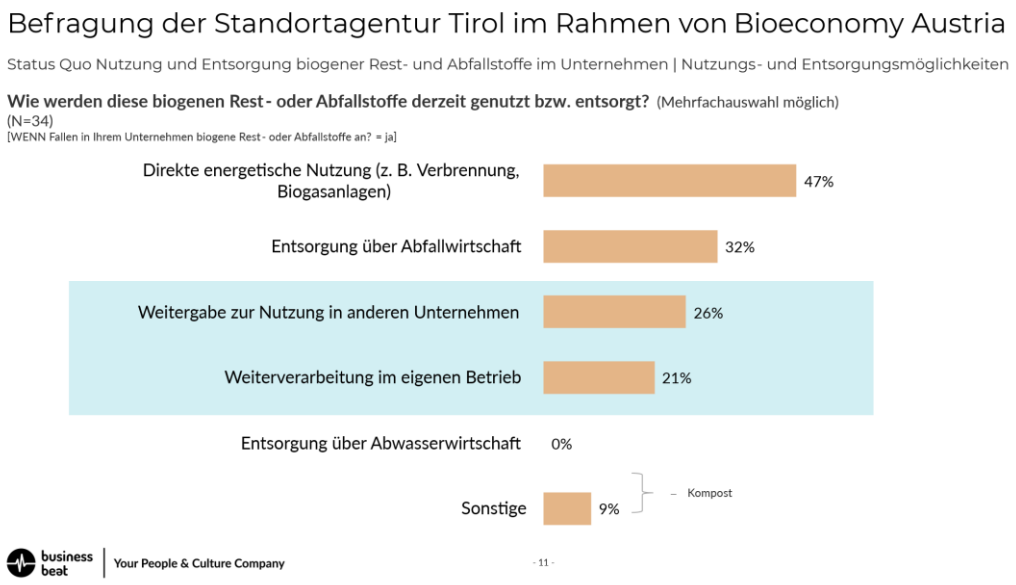


Abbildung A.2: Verteilung der Antworthäufigkeiten auf die Frage „Wie werden diese biogenen Rest- oder Abfallstoffe derzeit genutzt beziehungsweise entsorgt?“ Beantwortet haben diese Frage nur jene Unternehmen, in denen biogene Rest- und Abfallstoffe anfallen. Stichprobengröße N = 34 Unternehmen; Mehrfachantworten waren möglich.

Unternehmen sehen Potenzial, um im Betrieb anfallende biogene Rest- und Abfallstoffe höherwertig zu nutzen. Wahrgenommene Hürden schränken diese Möglichkeiten ein.

Mehr als die Hälfte der betreffenden Unternehmen sieht ein Potenzial zur höherwertigen Nutzung der betrieblichen biogenen Rest- und Abfallstoffe. „Zu hohe Kosten“ und „Regulatorische Hürden“ schränken diese Option allerdings stark ein. Die Frage nach den Hürden beantworteten 15 Unternehmen; Mehrfachantworten waren möglich.

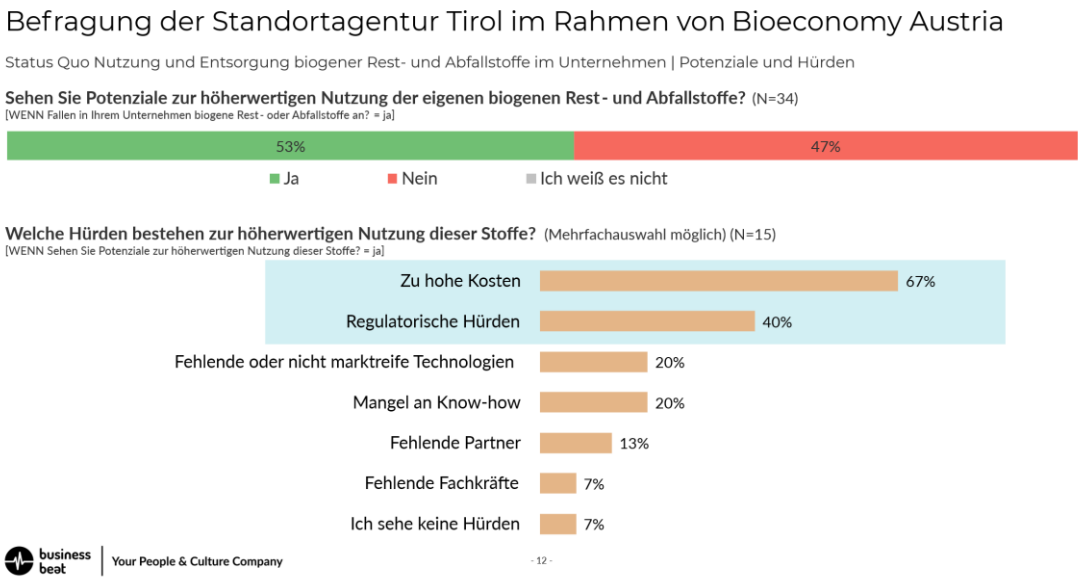


Abbildung A.3: Verteilung der Antworthäufigkeiten auf die Frage „Sehen Sie Potenziale zur höherwertigen Nutzung der eigenen biogenen Rest- und Abfallstoffe?“ (N = 34) und, falls ja, „Welche Hürden bestehen zur höherwertigen Nutzung dieser Stoffe?“ (N = 15). Bei der Frage nach den Hürden waren Mehrfachantworten möglich.

Mehr als die Hälfte der Unternehmen plant, künftig vermehrt biogene Materialien einzusetzen, und sieht ein breites Anwendungsspektrum. Biogene Rohstoffe für die Produktion, Verpackungen, Bioenergie und Betriebsmittel dominieren.

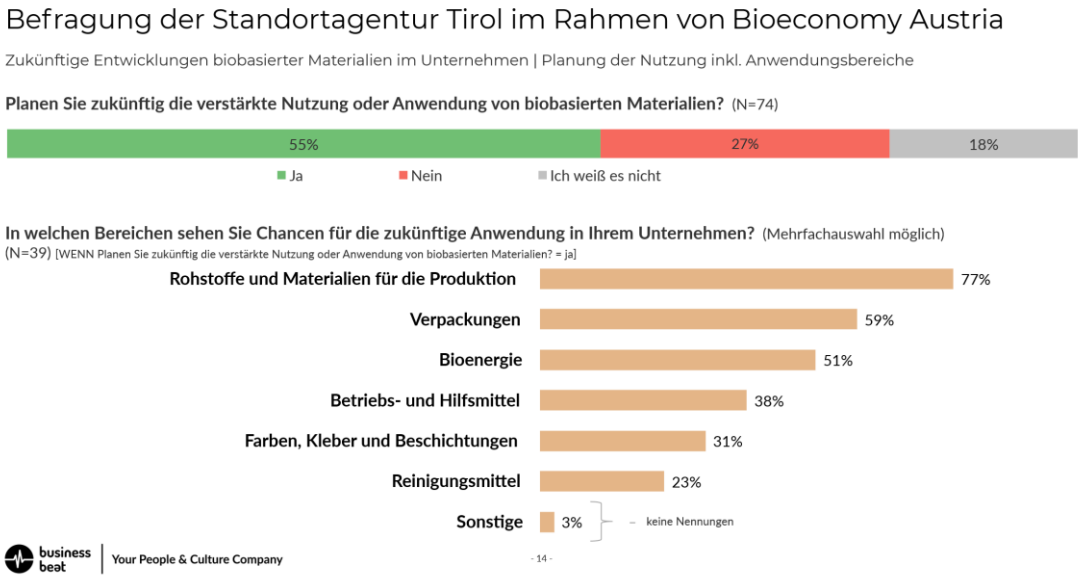


Abbildung A.4: Verteilung der Antworthäufigkeiten auf die Frage „Planen Sie zukünftig die verstärkte Nutzung oder Anwendung von biobasierten Materialien?“ (N = 74) und, falls ja, „In welchen Bereichen sehen Sie Chancen für die zukünftige Anwendung in Ihrem Unternehmen?“ (N = 39). Bei der Frage nach den Anwendungsbereichen waren Mehrfachantworten möglich.

Um das breite Anwendungspotenzial tatsächlich zu heben, brauchen Unternehmen Förderprogramme, Know-how, Beratung, Vernetzung und rechtliche Klarheit.

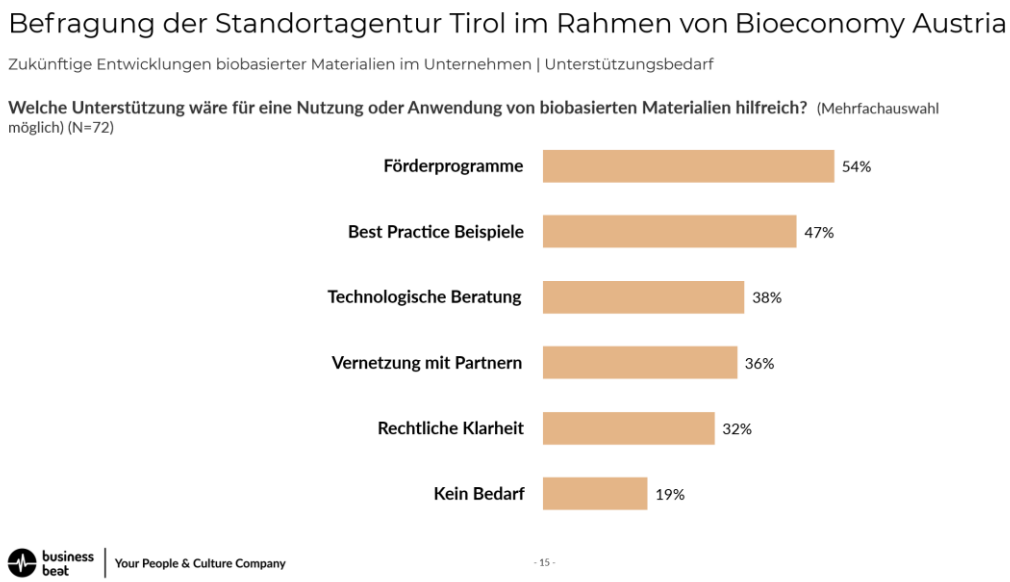


Abbildung A.5: Verteilung der Antworthäufigkeiten auf die Frage „Welche Unterstützung wäre für eine Nutzung oder Anwendung von biobasierten Materialien hilfreich?" Stichprobengröße N = 72 Unternehmen; Mehrfachantworten waren möglich.

iii. Anhang– Ergebnisse der Thementische

Biobasierte Materialien und Rohstoffe in produzierenden Unternehmen

Ziel und Schwerpunkt

Am Thementisch wurde diskutiert, was produzierende Unternehmen für einen verstärkten Einsatz biobasierter Materialien und Rohstoffe benötigen. Die Ergebnisse der Unternehmensbefragung wurden dazu exemplarisch mit den konkreten Anforderungen eines Industrieunternehmens gemeinsam mit Stakeholdern reflektiert. Als Ziele wurden Klimaschutz, die Verringerung des CO2-Fußabdrucks, Defossilisierung und Wettbewerbsvorteile angesprochen. Auch der Einsatz von Sekundärrohstoffen wurde als Ziel benannt.

Zentrale Erkenntnisse und Hemmnisse

Die Ergebnisse der Umfrage zum Bedarf von Unternehmen wurden im Wesentlichen bestätigt. Die dort hervorgehobenen wirtschaftlichen und regulatorischen Hürden sowie der Bedarf an Förderung, Wissen, Beratung und Vernetzung bildeten wichtige Bezugspunkte der Diskussion. Konkrete Anwendungsfelder betrafen biobasierte Rohstoffe und Betriebsmittel in der Produktion sowie nachhaltige Farben und

Beschichtungen. Für Bioenergie wurde die Bedeutung längerfristiger Rahmenbedingungen hervorgehoben. Die Ökodesign-Verordnung wurde als weiterer Bezugspunkt genannt.

Lösungsansätze und weiterer Handlungsbedarf

Für die Umsetzung wurden Kooperation, Forschung und Entwicklung sowie die Skalierung geeigneter Lösungen angesprochen. Als mögliche Partner wurden Forschungseinrichtungen, Technologieanbieter und Energieversorgungsunternehmen genannt. Als nächste Schritte hielt die Tischgruppe fest, Hürden zu reduzieren und die Umsetzung zu planen. Die Dokumentation der Diskussion ist im folgenden Poster zusammengefasst.

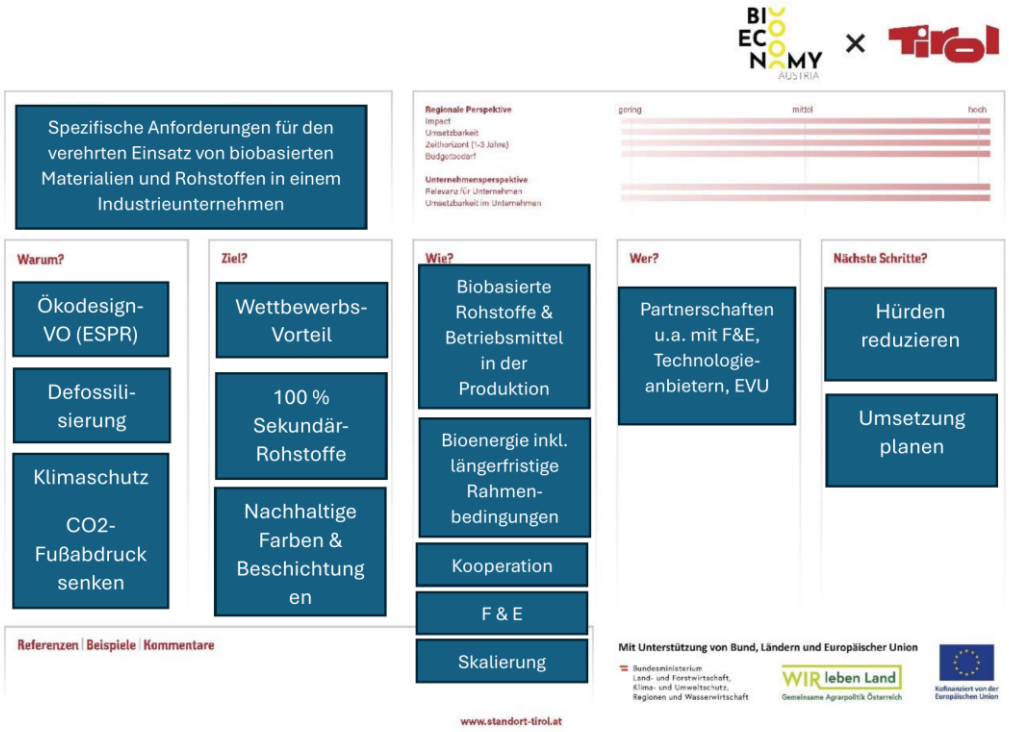


Abbildung A.6: Dokumentation der Diskussion am Thementisch mit Vertreter:innen aus Wirtschaft, Hochschulen und Kreislaufwirtschaft, anonymisiert und aggregiert.

Holz mit Fokus auf besondere Aspekte der Wertschöpfungskette

Ziel und Schwerpunkt

Am Thementisch Holz stand das Ziel im Mittelpunkt, Holz möglichst lange in hochwertigen stofflichen Anwendungen zu halten. Als Leitbild wurde die erneute Verwendung von Bauteilen aus einem rückgebauten Holzgebäude in einem späteren Holzbau beschrieben. Neben einem verstärkten Einsatz von Holz sollen deshalb insbesondere die Rückbaubarkeit und Wiederverwendbarkeit von Holzprodukten und Bauteilen verbessert werden. Betrachtet wurde die gesamte Wertschöpfungskette Wald–Holz, von der Rohstoffbereitstellung über die Verarbeitung und Nutzung bis zum Recycling und zur Wiederverwendung. Die

langfristige Nutzung verlängert die Speicherung des im Holz gebundenen Kohlenstoffs; zugleich kann Holz emissionsintensivere Materialien ersetzen.

Zentrale Erkenntnisse und Hemmnisse

Als wesentliches Hemmnis wurde die Logistik identifiziert. Versuche, Holztransporte auf die Schiene zu verlagern, scheitern zum Teil an fehlenden Terminals und Verladezentren. Aktuelle Bauweisen und Produktdesigns erschweren zudem häufig den sortenreinen Rückbau und die Wiederverwendung. Insbesondere schwer trennbare Verbundmaterialien und dauerhaft verklebte Verbindungen begrenzen weitere hochwertige Nutzungen. Als mögliche regulatorische Hemmnisse wurden Brandschutzanforderungen im Holzbau und abfallrechtliche Regelungen angesprochen.

Die Teilnehmer:innen betonten, dass die Voraussetzungen für eine spätere Wiederverwendung bereits in der Planungs- und Designphase geschaffen werden müssen. Dabei sind Fachwissen und Zusammenarbeit in Planung, Ausführung und Rückbau gleichermaßen erforderlich.

Lösungsansätze und weiterer Handlungsbedarf

Als technische Ansatzpunkte wurden rückbaufähige Konstruktionen, lösbare Verbindungsmittel und ökologische, kreislauffähige Materialkombinationen genannt. Schwer trennbare Materialverbunde sollen vermieden werden. Am Thementisch wurde darauf hingewiesen, dass Schrauben bei einer späteren Wiederverwertung des Holzes in Holzwerkstoffen, etwa Spanplatten, kein grundsätzliches Problem darstellen.

Bestehende Aus- und Weiterbildungsangebote sollen Wissen über kreislauffähige Bauweisen verbreiten sowie Planungs- und Rückbaukompetenzen gezielt stärken. Forschung, Entwicklung und Innovation wurden sowohl für technische Lösungen, unter anderem im großvolumigen Holzbau, als auch für Geschäftsmodelle zur Wiederverwendung von Holzprodukten und Bauteilen als wichtig angesehen. Bestehende Netzwerke und Kooperationen sollen genutzt und neue gefördert werden.

Als relevante Akteur:innen wurden Forstwirtschaft, Säge- und Holzindustrie, Zimmereien und Holzbaubetriebe, Tischlereien, Planer:innen, Architekt:innen und Designer:innen sowie Recycling- und Entsorgungsbetriebe genannt. Der öffentlichen Hand wurde eine Rolle als Auftraggeberin und Impulsgeberin zugeschrieben. Eine höhere Holzbauquote bei öffentlichen Bauvorhaben könnte die Marktentwicklung unterstützen. Bei regulatorischen Fragestellungen kommt dem Gesetzgeber eine zentrale Rolle zu.

Als nächste Schritte wurden Förderungen für nachweislich rückbau- und wiederverwendungsfreundliche Gebäude sowie Anreizsysteme für kreislauffähiges Bauen vorgeschlagen. Diskutiert wurden beispielsweise größere Gebäudevolumina oder andere planerische Vorteile bei Erfüllung entsprechender Kriterien. Hinzu kommt die Überprüfung rechtlicher Rahmenbedingungen, insbesondere der Brandschutzanforderungen und der Auswirkungen abfallrechtlicher Regelungen auf Wiederverwendung und Recycling.

Bereitstellung regionaler organischer Reststoffe für die Bioökonomie

Ziel und Schwerpunkt

Der Thementisch befasste sich mit Aufkommen, Sammlung und Behandlung regionaler organischer Reststoffe. Im Mittelpunkt standen eine bessere Qualität der getrennten Erfassung, mögliche neue stoffliche Anwendungen und bestehende Verwertungshemmnisse. Die Diskussion umfasste sowohl Erfahrungen aus der Bioabfallsammlung als auch konkrete Beispiele aus der Milchverarbeitung, der Pilzproduktion und dem Recycling von Verbundstoffen.

Zentrale Erkenntnisse und Hemmnisse

Am Thementisch wurden langjährige Erfahrungen aus der Tiroler Entsorgungswirtschaft zur Sammlung von Bioabfällen eingebracht. Die Praxisbeispiele zeigten Ansatzpunkte, um den Störstoffgehalt zu verringern und die Qualität des gesammelten Materials zu verbessern. Zugleich wurde darauf hingewiesen, dass in Tirol noch rund 60 Gemeinden über keine Bioabfallsammlung verfügen. Hier wurde weiterhin erheblicher Handlungsbedarf gesehen.

Gebrauchtes Substrat aus der Pilzproduktion wurde als Reststoff mit weiterem Nutzungspotenzial identifiziert. Nach den am Thementisch eingebrachten Angaben besteht dafür in Tirol bislang jedoch keine etablierte beziehungsweise wirtschaftlich sinnvolle Verwertungsmöglichkeit. Bei Verbundstoffen, beispielsweise Ziegeln mit integrierter Kunststoff-Wärmedämmung, wurde die schwierige Trennung der Materialien als wesentliches Recyclinghemmnis benannt.

Ein weiterer Diskussionspunkt war die rechtliche Abgrenzung zwischen Nebenprodukten und Abfällen. Erläutert wurden die Bedeutung der Entledigungsabsicht sowie die gesetzlichen Voraussetzungen für eine Einstufung als Nebenprodukt. Die rechtliche Einordnung wurde damit als wesentlicher Aspekt bei der Entwicklung neuer Verwertungswege angesprochen.

Lösungsansätze und weiterer Handlungsbedarf

Als wirksame Maßnahmen zur Verbesserung der Bioabfallsammlung wurden die Reinigung der Biotonne nach jeder Entleerung, eine gewichtsabhängige Verrechnung und die kostenlose Bereitstellung von Papiersammelsäcken genannt. Die geringeren Entsorgungskosten für Bioabfall gegenüber Restabfall wurden als Anreiz für eine bessere Trennung beschrieben. Neben der Verbesserung bestehender Systeme wurde ein Ausbau der getrennten Sammlung als erforderlich angesehen.

Als konkrete stoffliche Anwendung wurde Casein als wesentlicher Bestandteil eines biobasierten Klebstoffs vorgestellt. Die Diskussion betraf mögliche Bezugsquellen aus der Tiroler Milchverarbeitung und ein Konzept für die regionale Herstellung eines entsprechenden Produkts. Für gebrauchtes Pilzsubstrat blieb die Frage

einer wirtschaftlich tragfähigen regionalen Verwertung offen. Im Zusammenhang mit schwer trennbaren Verbundstoffen wurde die Ökodesign-Verordnung als Ansatzpunkt genannt, Kreislauffähigkeit und Recyclingfähigkeit bereits bei der Produktgestaltung stärker zu berücksichtigen.

Impressum:
Studienauftraggeberin: Standortagentur Tirol GmbH, Ing.-Etzel-Str. 17, A-6020 Innsbruck, T +43 512 57 62 62, E-Mail: office@standort-tirol.at, Web: www.standort-tirol.at • Für den Inhalt verantwortlich: Universität Innsbruck, Arbeitsbereich Umwelttechnik, Technikerstraße 13, 6020 Innsbruck, T +43 512 507 62 101, E-Mail: umwelttechnik@uibk.ac.at, Web: www.uibk.ac.at/de/umwelttechnik • Mit Unterstützung von Bund, Ländern und Europäischer Union im Rahmen des Projektes Bioeconomy Austria. • Alle Rechte vorbehalten. Alle Informationen wurden mit größtmöglicher Sorgfalt zusammengetragen, jedoch kann für den Inhalt und die Richtigkeit keinerlei Gewähr übernommen werden. • Satzfehler vorbehalten. 11/2026



www.bioeconomy-austria.at