

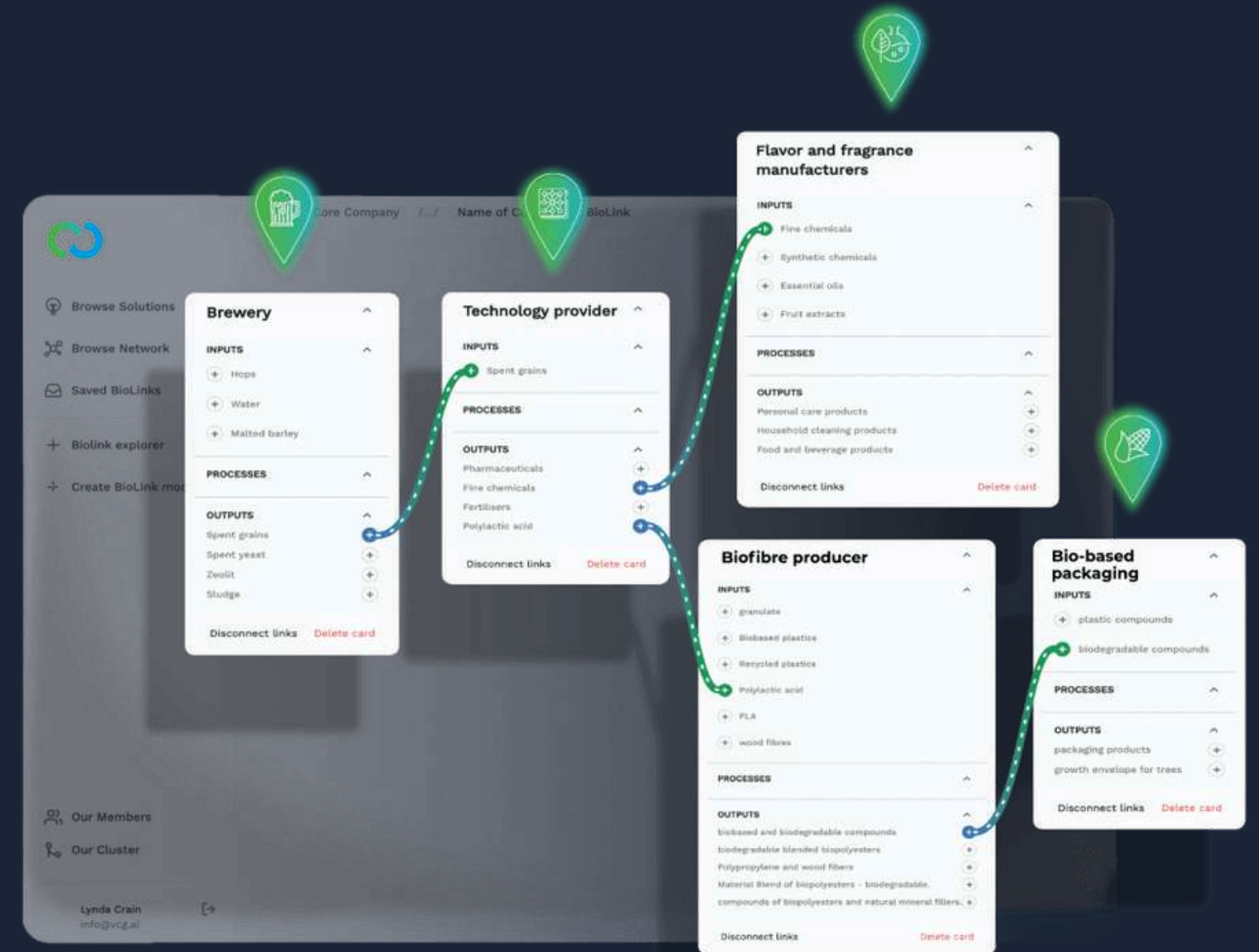


# Innovative Kreislaufwirtschaft: Maßgeschneiderte Strategie für Dortmund

**Vorbereitet für**  
Wirtschaftsförderung Dortmund  
Grüne Straße 2-8  
44147 Dortmund

**Vorbereitet von**  
VCG.AI GmbH  
Seyfferstr.34  
70197 Stuttgart

Der Value Chain Generator® nutzt KI, um die profitabelsten und umweltfreundlichsten Modelle zur Umwandlung industrieller Nebenprodukte und Abfälle zu identifizieren – und steigert deren Wert dabei um das bis zu 20-Fache!



Wertsteigerung  
bis zu 20x



Reduzierung von  
Material- und  
Wasserverschwendung



Senkung der CO2  
Emissionen

# EXECUTIVE SUMMARY

Die Wirtschaftsförderung Dortmund hat von VCG.AI eine strategische Analyse zur Entwicklung von Kreislaufwirtschaftsmodellen in Auftrag gegeben. Mithilfe fortschrittlicher Datenanalyse wurden die **Potenziale regionaler Biomassenutzung und vielversprechende Wertschöpfungsketten in der Dortmunder Industrie** identifiziert.

Im Umkreis von 50 Kilometern um Dortmund kristallisierten sich **fünf Schlüsselindustrien** heraus, die maßgeblich zur regionalen Biomasseerzeugung (Reststoffströme) beitragen: Brotproduktion, Landschaftspflege, Bierherstellung, Sägewerke und Fleischverarbeitung. Diese Branchen repräsentieren 4,1 Prozent der gesamten regionalen Industrietätigkeit und generieren bedeutende Nebenproduktströme wie Brotkrumen, Grünabfälle, Biertreber, Holzspäne und tierische Nebenprodukte.

Nach einer detaillierten Analyse der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit empfiehlt VCG.AI **zwei vielversprechende Wertschöpfungsketten**:

- 1. Milchsäureproduktion** aus Brotabfällen: Die Brotherstellung erweist sich als größter regionaler Biomasselieferant. Milchsäure ist eine äußerst vielseitige organische Verbindung mit bedeutenden industriellen Anwendungen. Mit einem beeindruckenden jährlichen Wachstum von 19 Prozent und einer gut etablierten Fermentationstechnologie bietet dieser Ansatz minimale technologische Risiken und maximales Innovationspotenzial.
- 2. Schnellpyrolyse-Bioöl (SPBO)**: Dieser Ansatz kombiniert Reststoffe verschiedener Industrien in einem innovativen Co-Processing-Modell. Mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 19,57 Prozent überzeugt SPBO durch seine Skalierbarkeit und branchenübergreifende Integrationsfähigkeit. Ein zusätzlicher Mehrwert ist die Erzeugung von Biokohle als Nebenprodukt des Pyrolyseprozesses.



Im Rahmen der ersten Projektphase unterstützte VCG.AI die Wirtschaftsförderung Dortmund bei der Entwicklung innovativer Kreislaufwirtschaftsmodelle. Mithilfe fortschrittlicher Datenanalyse und komplexer Algorithmen untersuchte das Unternehmen die Möglichkeiten, Nebenprodukte und Abfallströme aus der Agrar- und Ernährungsindustrie in wertvolle Ressourcen zu transformieren.

## Das Projekt verfolgte zwei zentrale Zielsetzungen:

1. Strategische **Identifikation von Biomasse-Potenzialen**: Das Kernziel war die Ermittlung der fünf vielversprechendsten Nebenprodukte und Abfallströme aus der regionalen Agrar- und Ernährungsindustrie. Durch eine detaillierte Analyse sollten die Materialien mit dem höchsten Valorisierungspotenzial identifiziert werden.
2. Entwicklung **maßgeschneiderter Geschäftsszenarien**: VCG.AI konzipierte optimierte Kreislauf-Wertschöpfungsketten, die speziell auf die Industriestruktur der Dortmunder Region zugeschnitten sind. Der Fokus lag dabei auf der Schaffung wirtschaftlich tragfähiger und gleichzeitig klimafreundlicher Lösungsansätze.

Durch diesen ganzheitlichen Ansatz verfolgte das Projekt das übergeordnete Ziel, die Ressourceneffizienz zu steigern und messbare positive Auswirkungen auf Klimaschutz und regionale Wirtschaftsentwicklung zu erzielen.

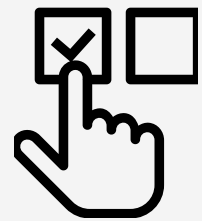
# INHALT

Dieses Dokument beschreibt die Ergebnisse der Phase 1 des Projekts:

- 1 VCG.AI-Methodologie
- 2 Prioritäre Industrie
- 3 Materialfluss und Kartierung
- 4 Überblick über mögliche Lösungen
- 5 VCG.AI priorisierte Lösungen
- 6 Geschäftsszenario

Im Auftrag der Wirtschaftsförderung Dortmund entwickelte VCG.AI in der ersten Projektphase eine innovative Strategie zur Förderung der Kreislaufwirtschaft. Mithilfe hochspezialisierter Datenanalysen und fortschrittlicher Algorithmen untersuchte das Unternehmen die Transformationspotenziale von Nebenprodukt- und Abfallströmen in der regionalen Agrar- und Ernährungsindustrie.

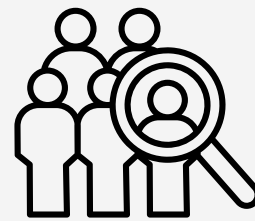
Der methodische Ansatz basierte auf einem systematischen Drei-Phasen-Verfahren, das als universell anwendbares Modell für die Biomasseverwertung in Dortmund konzipiert wurde. Der Fokus lag dabei auf der gezielten Identifikation und Bewertung von Nebenproduktströmen mit dem höchsten Wertschöpfungspotenzial.



## SCHRITT 1

### REGIONALE BIOMASSE-ANALYSE

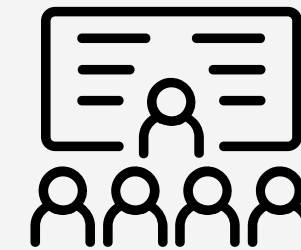
VCG.AI analysierte alle Unternehmen, die im Umkreis von 50 km um Dortmund Restströme erzeugen, um die TOP 5 Biomasseanbieter in der Region zu identifizieren.



## SCHRITT 2

### BEWERTUNG DES KREISLAUFWIRTSCHAFTSMODELLS

VCG.AI nutzte seine KI- und Big-Data-Plattform, um Verwertungswege und Geschäftsmöglichkeiten zu identifizieren und zu bewerten, die technisch machbar und rentabel sind und positive Auswirkungen auf das Klima hatten.



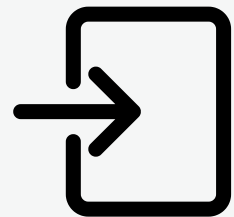
## SCHRITT 3

### WORKSHOP

VCG.AI präsentiert WiFö Dortmund die Ergebnisse und leitet die Priorisierung der Wertschöpfungsketten für die weitere Entwicklung in der nächsten Phase ein.

# SCHRITT 1 - REGIONALE BIOMASSE-ANALYSE

Wir haben Industriedaten aus einem Umkreis von 50 km um Dortmund gesammelt, verarbeitet und in den Value Chain Generator® integriert. Ziel dieser ersten Analyse war es, die TOP 5 Industrien mit dem höchsten Potenzial als Biomasseanbieter für die Umsetzung von zirkulären Wertschöpfungsketten zu identifizieren.



## INPUTS

- Regionale Branchendaten im Umkreis von 50 km um Dortmund.
- 4.309 Unternehmen aus 41 verschiedenen Bereichen, die sich auf den Agrar- und Ernährungssektor konzentrieren.
- Haftungsausschluss: Unternehmen, die sich im Besitz von Einzelpersonen befinden und von diesen als Einzelunternehmen betrieben werden, sind nicht berücksichtigt.



## AKTIVITÄTEN

- Datenvorverarbeitung und -bereinigung.
- Analyse regionaler Branchendaten.
- Analyse der Materialflüsse.

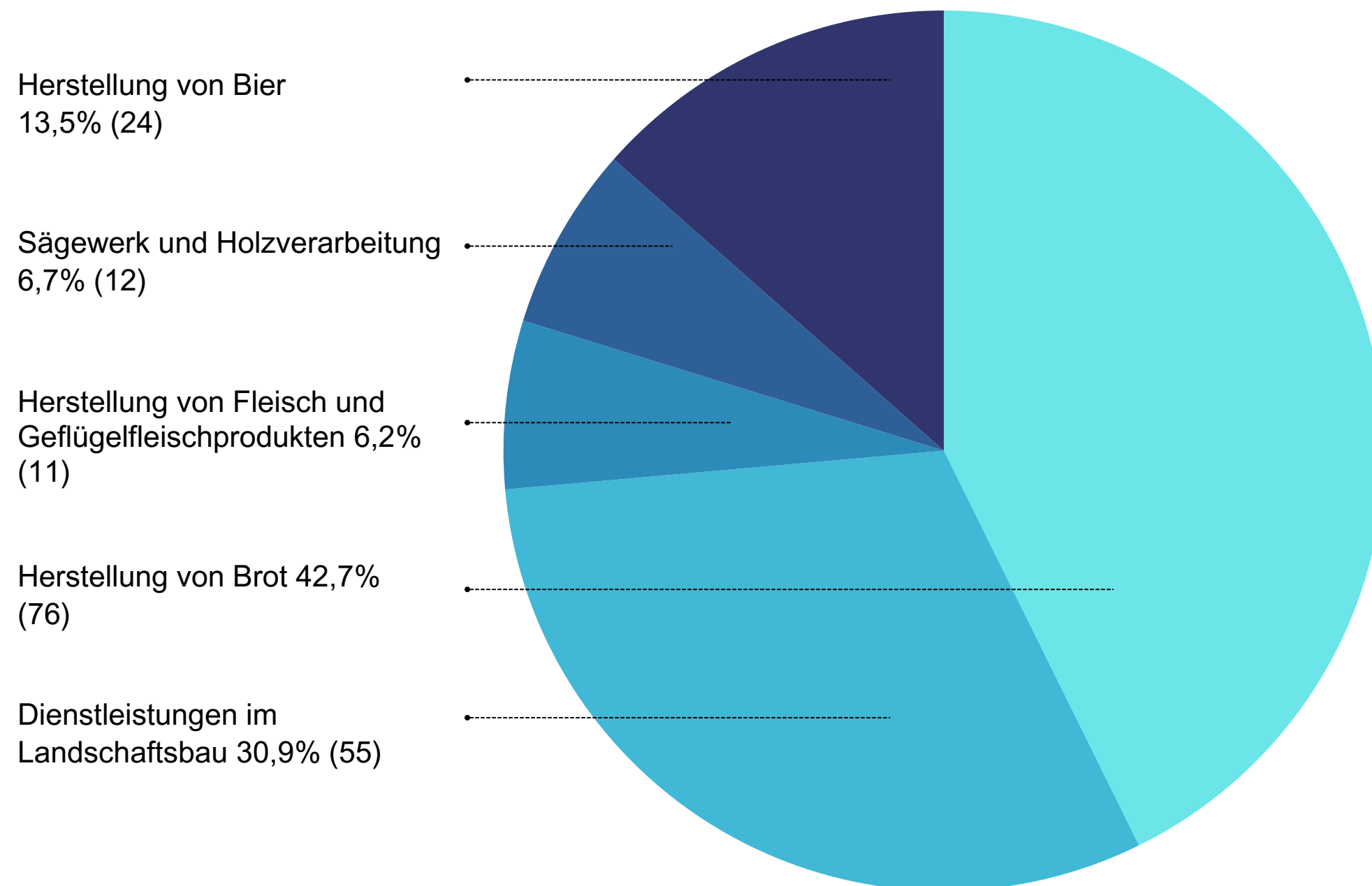


## ERGEBNISSE

- TOP-5-Industrien als Biomasseanbieter.
- Materialfluss, der Nebenprodukte aus allen Industriebereichen umfasst.
- Karte zur Lokalisierung von Unternehmen und ihren Clustern.

# PRIORITÄRE INDUSTRIE ALS BIOMASSEANBIETER

Im Rahmen einer umfassenden regionalen Analyse untersuchte VCG.AI die Biomasse-Potenziale in einem 50-Kilometer-Radius um Dortmund. Ziel der Analyse war die systematische Identifikation der fünf bedeutendsten Reststoffströme durch eine mehrdimensionale Bewertungsmethodik. Die Analyse folgte einem ganzheitlichen Bewertungsansatz, der zentrale Kriterien miteinander verknüpfte: Größe und wirtschaftliche Relevanz der Sektoren, geografische Nähe zu Dortmund, Potenzial für eine nachhaltige Ressourcentransformation.

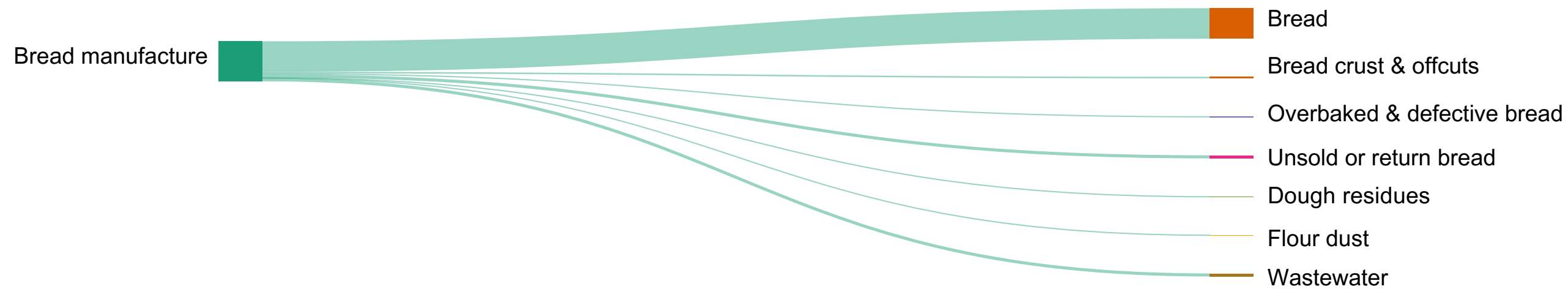


Die Analyse von 4.309 Unternehmen in Dortmund, die sich auf 41 verschiedene Aktivitäten verteilen, ergab, dass die fünf Bereiche, die als Hauptlieferanten von Biomasse identifiziert wurden, die Herstellung von Brot, die Landschaftspflege, die Bierherstellung, die Säge- und Holzverarbeitung sowie die Herstellung von Fleisch- und Geflügelprodukten sind. Diese Industrien machen 4,1 % der gesamten regionalen Industrie aus. Die Untersuchung der Wertschöpfungskette sollte sich auf die Biomasse aus diesen Sektoren konzentrieren.

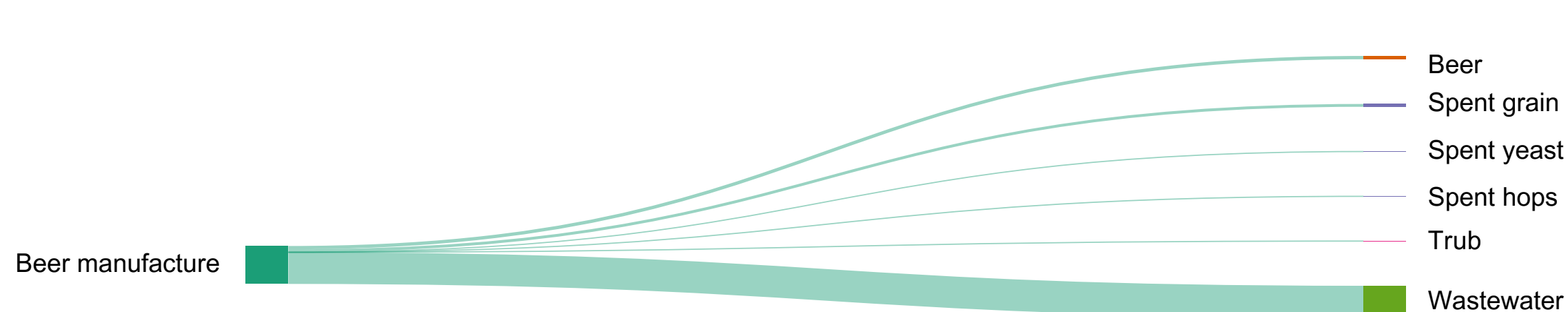
*\*Die Gesamtzahl der Unternehmen schließt Einzelunternehmen aus.  
\*Der Schwerpunkt der Industrie liegt auf dem Agrar- und Ernährungssektor.*

# MATERIALFLUSS DER PRIORITÄREN INDUSTRIE

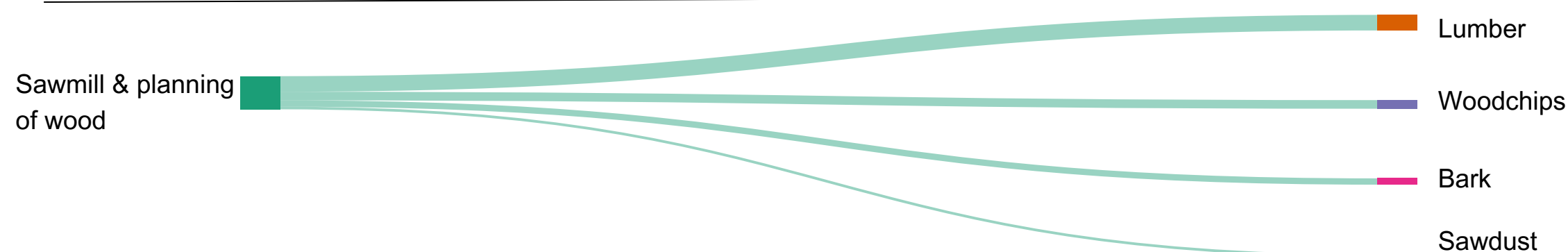
Nach der Identifikation der potentiell prioritären Biomasselieferanten konzentrierte sich VCG.AI auf die detaillierte Analyse der Nebenprodukte dieser Schlüsselindustrien. Die Untersuchung berücksichtigte die komplexe Vielfalt der Nebenprodukte, die sich in Menge, Beschaffenheit und chemisch-physikalischen Eigenschaften unterscheiden. Die Bewertung erfolgte anhand systematischer Kriterien, um die Eignung und Transformationsfähigkeit der Materialien zu bestimmen. Auf Basis dieser gezielten Analyse wurden die Grundlagen für innovative zirkuläre Wertschöpfungsmodelle geschaffen, die eine effiziente Nutzung von Industrieressourcen ermöglichen.



Die insgesamt anfallenden Nebenprodukte und Abfälle machen je nach Effizienz und Prozesssteuerung etwa 10-20% des Gesamtgewichts des Brotes aus. Joint Research Centre, European Commission, 2019



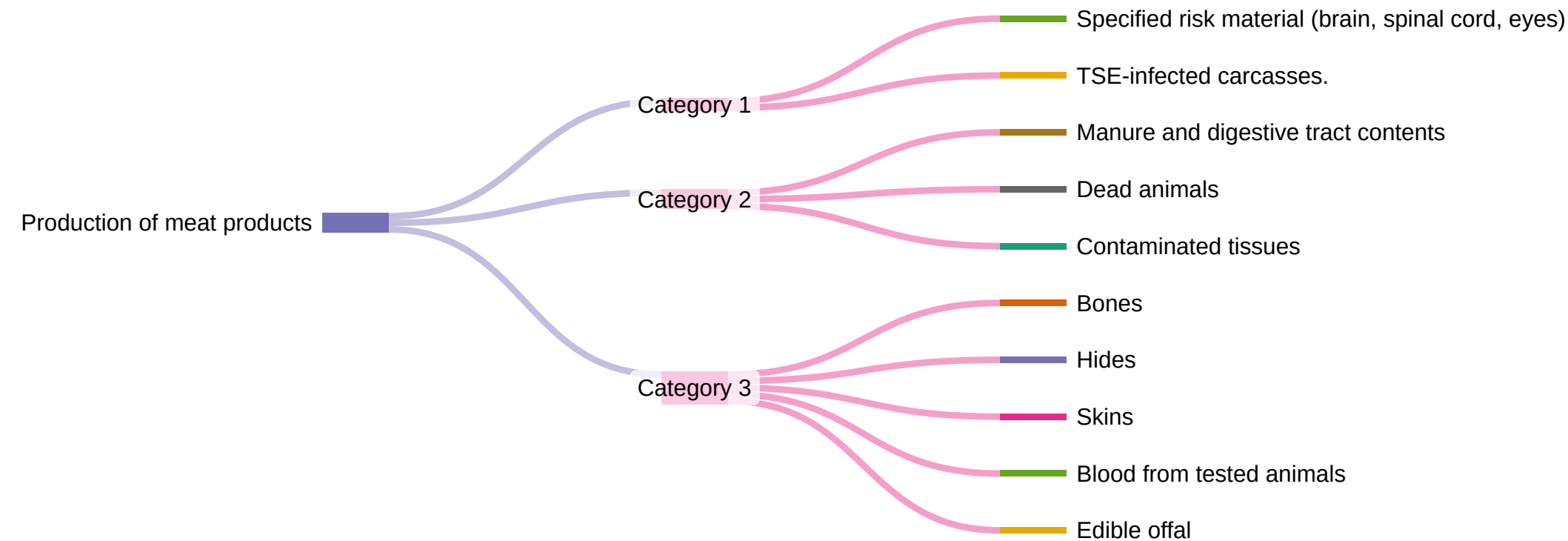
Bei 100 Litern Bier entstehen fast 20 Kilogramm feuchte BSG. Zusätzlich entstehen 900-950 l Abwasser, was 90-95 % der gesamten verwendeten Flüssigkeit ausmacht. Amoriello and Ciccoritti, 2021



Etwa 49% des gesamten Holzvolumens wird als Nebenprodukt von Sägewerken erzeugt, darunter 43% Hackschnitzel, 9% Sägemehl und 7% Sägespäne. FAO, 2020

# MATERIALFLUSS DER PRIORITÄREN INDUSTRIE

Anders als die anderen untersuchten Industriebereiche zeigen die Landschaftspflege und die Fleischproduktion deutlich heterogenere Materialflüsse. Die Ursache liegt in den sehr unterschiedlichen Tätigkeitsfeldern und den entsprechend diversen Nebenprodukt- und Abfallstrukturen dieser Branchen. Durch diesen differenzierten Untersuchungsansatz konnten auch für diese Branchen Ansatzpunkte für innovative Kreislaufwirtschaftskonzepte entwickelt werden.

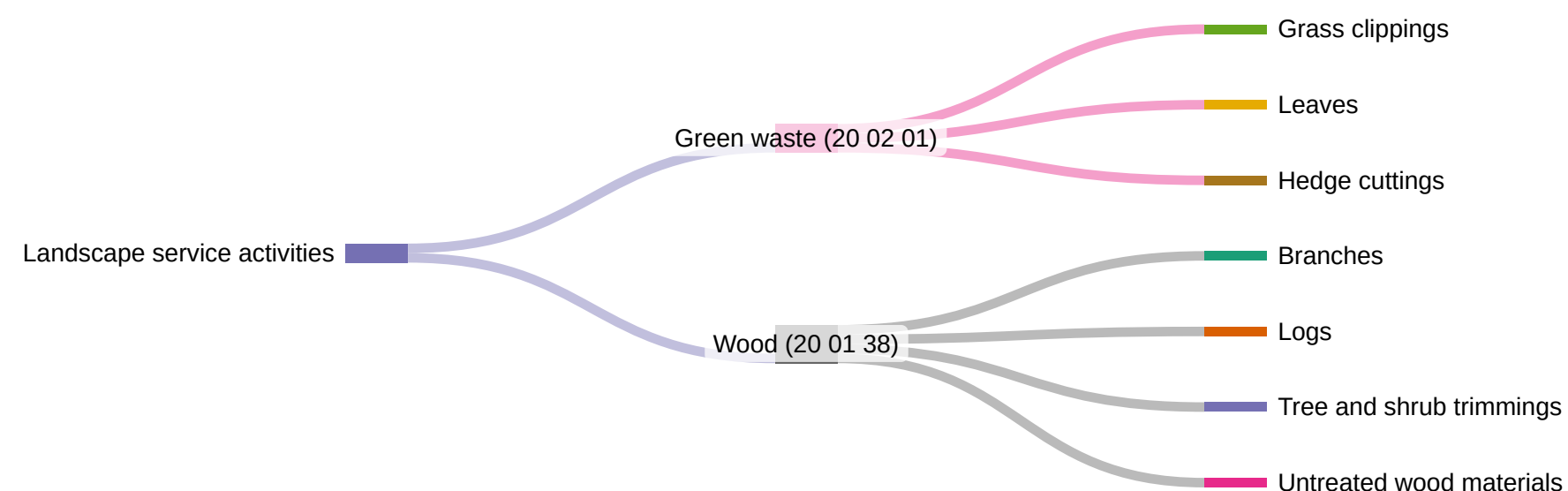


Kategorie 1: Hochrisikomaterial, das verbrannt oder mitverbrannt werden muss. Dazu gehören Tiere, die mit Transmissibler Spongiformer Enzephalopathie (TSE) infiziert sind.

Kategorie 2: Reste mit mittlerem Risiko von Tieren, die aufgrund von Kontaminationen oder Krankheitsrisiken nicht zum Verbrauch geeignet sind.

Kategorie 3: Reste mit geringem Risiko von Tieren, die für den Verbrauch geeignet sind, aber nicht kommerziell genutzt werden, oder nicht kontaminiertes Ausschussmaterial.

Regulation (EC) No 1069/2009 of the European Parliament



Nach dem Europäischen Abfallkatalog (EAK), der durch die Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) in deutsches Recht umgesetzt wurde, fallen im Landschaftsbau zwei Kategorien an. Biologisch abbaubare Abfälle (EAK-Code: 20 02 01) und Holz (20 01 38).

# BUSINESS AS USUAL ANALYSE

Analyse der gängigen Business-as-Usual (BAU)-Praktiken zur Behandlung von Nebenprodukten und Abfällen im Hinblick auf ihre Übereinstimmung mit den Prinzipien der zirkulären Bioökonomie. In diesem Bericht liegt der Fokus von VCG.AI auf der Bewertung der drei zentralen Prinzipien: Wertmaximierung, Zirkularität und Umweltwirkung.

## Wertmaximierung:

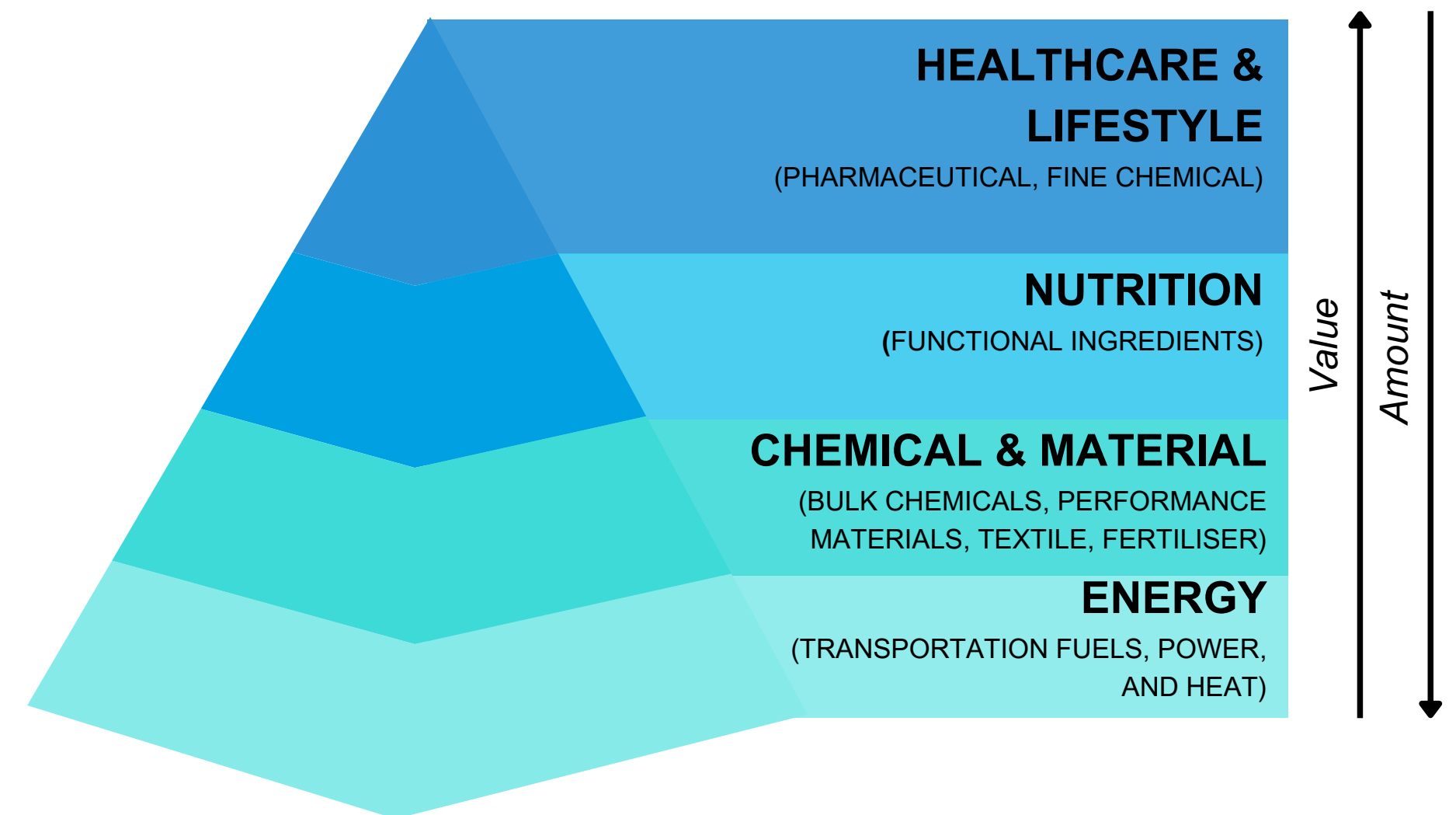
Den höchstmöglichen Wert aus Biomasse durch Kaskadennutzung gewinnen, beginnend mit den hochwertigsten Anwendungen (z. B. chemische oder funktionale Inhaltsstoffe), bevor eine energetische Verwertung erfolgt.

## Zirkularität:

Materialien im Kreislauf halten, indem sie recycelt, umgewidmet oder Ressourcen regeneriert werden.

## Umweltwirkung:

Ausmaß der Treibhausgas-Emissionen (z. B. CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) und deren potenzielle Quellen.



Verwertungswege für Biomasse auf der Grundlage der Prinzipien der Kreislaufwirtschaft in der Bioökonomie

# BUSINESS AS USUAL ANALYSE



## Anaerobe Vergärung

### Wertmaximierung: Niedrig

Die anaerobe Vergärung produziert Methan als Endprodukt, welches ein Produkt mit relativ geringem Wert ist. Methan wird gemäß der RED II\* nicht als fortschrittlicher Biokraftstoff angesehen.

\*Renewable Energy Directive

### Zirkularität: Mittel

Der Ressourcenkreislauf wird durch die Erzeugung von Biogas teilweise geschlossen.

### Emissionen:

Kohlenstoff geht durch mikrobielle Stoffwechselaktivitäten wie Atmung, Zellwachstum und CO<sub>2</sub>-Produktion verloren. Es besteht ein Risiko für Methanlecks.



## Futtermittel

### Wertmaximierung: Mittel

Direkte Nutzung als Futtermittel, meist mit niedriger Qualität verwendet.

### Zirkularität: Hoch

Erhält den Nährwert innerhalb des Lebensmittelsystems. Außerdem wird der Anbau von Futtermittelpflanzen reduziert.

### Emissionen:

Emissionen durch Transport. Lokaler und regionaler Transport wird empfohlen.



## Kompostierung

### Wertmaximierung: Niedrig

Kompostierung sorgt dafür, dass Nährstoffe in das Ökosystem zurückkehren, generiert jedoch keine direkten wirtschaftlichen Anreize wie Energie oder Futtermittel.

### Zirkularität: Niedrig

Die Kompostierung bewahrt keine hochwertigen Komponenten (z. B. Proteine, Fasern oder Bioenergie), die durch Verwertungstechnologien extrahiert werden könnten.

### Emissionen:

Risiko von Methanemissionen, wenn nicht gesteuert werden.



## Deponierung

### Wertmaximierung: Am niedrigsten

Deponierung ist die am wenigsten zirkuläre Option, die zur Umweltverschmutzung (Emissionen und Sickerwasser) beiträgt, ohne dabei Wert zu schaffen.

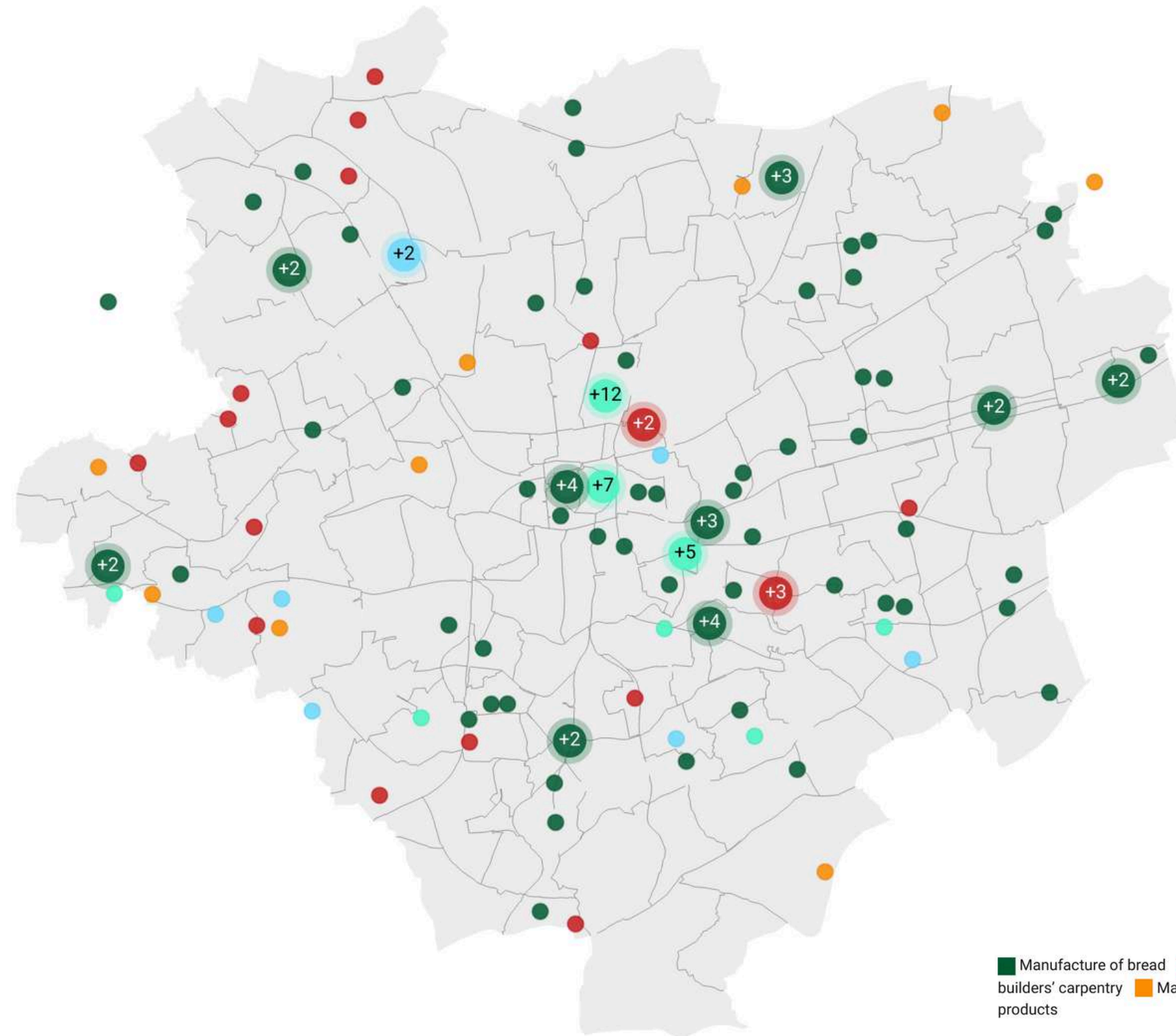
### Zirkularität: Am niedrigsten

Deponierung steht am Ende der Zirkularitätshierarchie, da sie nicht zur Rückgewinnung, Wiederverwendung oder zum Recycling von Ressourcen beiträgt.

### Emissionen:

Methanemissionen aus anaerober Zersetzung sind bedeutende negative Faktoren.

# STANDORT DER POTENTIELLEN BIOMASSEANBIETER

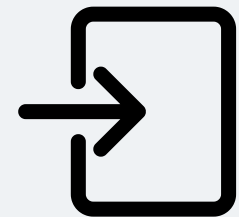


In Dortmund lassen sich drei große Cluster von Biomasseanbietern identifizieren:

1. **Brotproduktion:** Diese Betriebe sind gleichmäßig über das gesamte Stadtgebiet verteilt.
2. **Bierherstellung:** Hier konzentrieren sich die Anbieter vor allem in der Stadtmitte.
3. **Landschaftspflege:** Die meisten Betriebe befinden sich ebenfalls in der Stadtmitte, während kleinere, nicht gebündelte Anbieter über die gesamte Stadt verstreut sind.

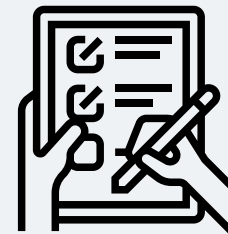
# SCHRITT 2 - BEWERTUNG DES KREISLAUFWIRTSCHAFTS- MODELLS

Mit Hilfe der proprietären KI-Modelle und Datenanalysen von VCG.AI identifizieren und bewerten wir schnell mögliche Valorisierungswege. Wir finden die profitabelsten Möglichkeiten für die Weiterverarbeitung und Valorisierung der priorisierten Industrie.



## INPUTS

- TOP 5 der prioritären Industrien.
- Materialfluss der prioritären Industrie.



## AKTIVITÄTEN

- Erstellung von “Biolinks” aus der VCG.AI-Datenbank.
- Priorisierung der Biolinks.
- Bewertung des Geschäftsmodells.



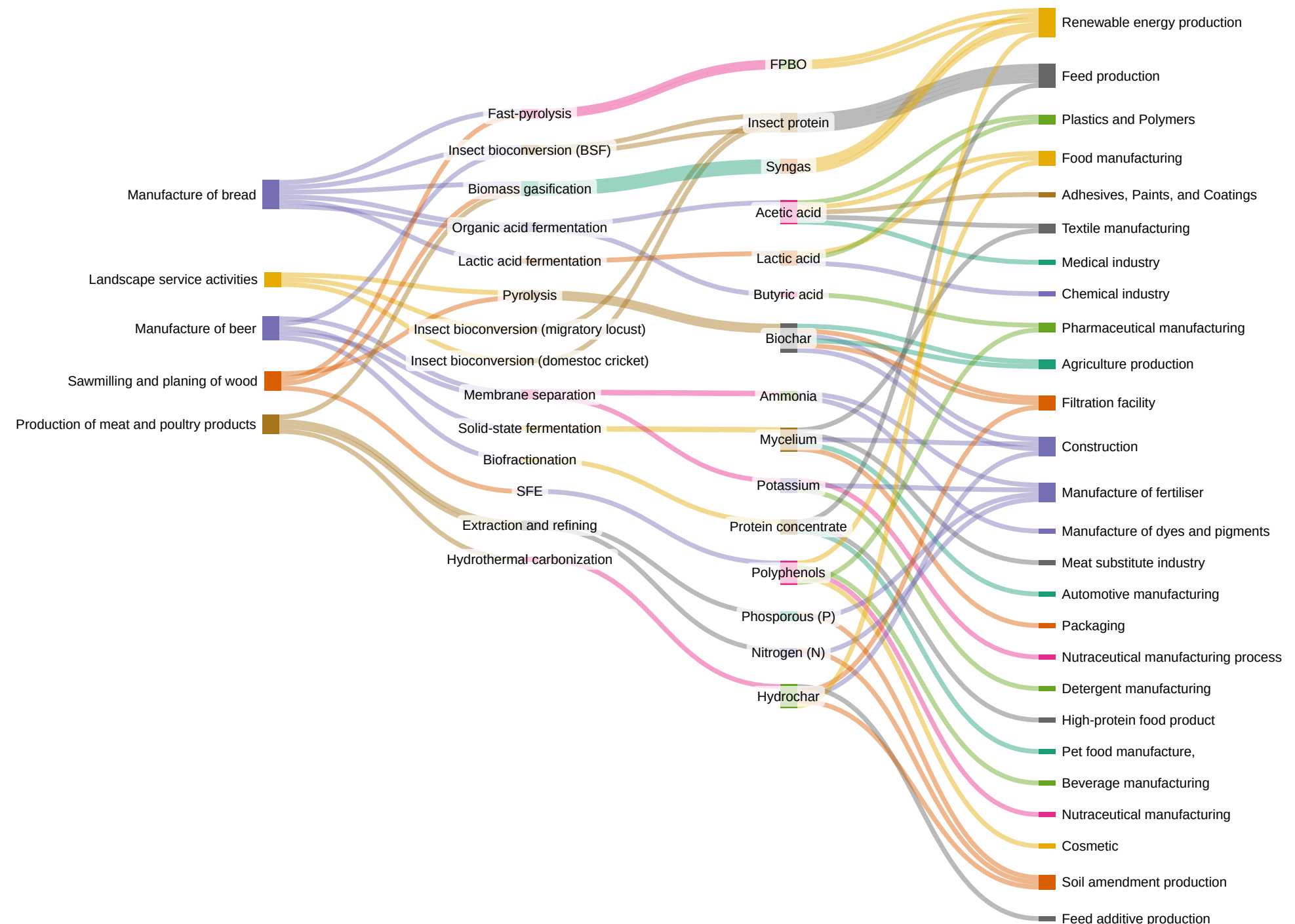
## ERGEBNISSE

- Übersicht der möglichen Biolinks.
- Priorisierte Biolinks.
- Geschäftsszenario für jeden Biolink.

# ÜBERSICHT DER MÖGLICHEN LÖSUNGEN

VCG.AI hat ein Netzwerk potenzieller Lösungen identifiziert, das auf den prioritären Industrien im Umkreis von 50 km um Dortmund basiert. Dabei wurden "Biolinks" mit einem hohen Technology Readiness Level (TRL 7–9) vorausgewählt. Diese Biolinks nutzen bereits erprobte Technologien, die für die Kommerzialisierung und betriebliche Nutzung geeignet sind und nur geringe Implementierungsbarrieren aufweisen. Die Auswahl der Biolinks orientiert sich an den wichtigsten Nebenprodukten der jeweiligen Industrien. Im nächsten Schritt werden alle möglichen Kombinationen analysiert, um ein optimales Modell zu entwickeln.

- 5** Biomasse-anbieter
- 25** Wertschöpfungsketten
- 14** Umwandlungstechnologien
- 15** Endprodukte
- 25** Marktanwendungen



# PRIORISIERUNG VON LÖSUNGEN

Um WiFö Dortmund beim Aufbau optimaler Kreislaufwertschöpfungsketten zu unterstützen, hat VCG.AI potenzielle Lösungen anhand spezifischer Kriterien priorisiert. Diese Kriterien wurden entwickelt, um die am besten umsetzbaren Wertschöpfungsketten in Bezug auf Technologie, Marktpotenzial und Umweltauswirkungen zu identifizieren.

## ANGEBOT

1. Verfügbarkeit von Biomasse.
2. Gesamtzahl der Biomasseanbieter in der Region.

## VERARBEITUNG

Technologischer Reifegrad:

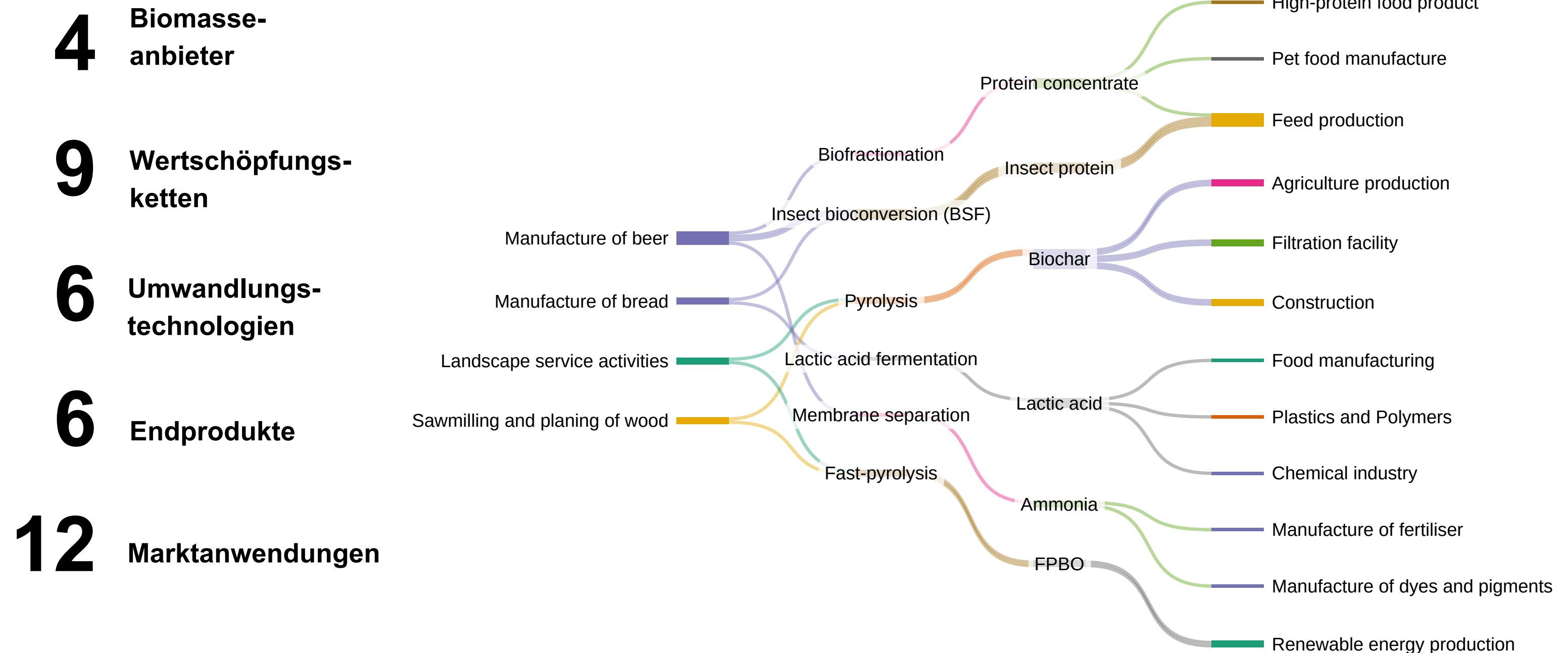
1. Hoch: Kommerziell erprobt.
2. Mittel: Pilotphase.
3. Niedrig: F&E oder Labormaßstab.

## MARKT

1. Die Marktgröße des Endprodukts.
2. Compound Annual Growth Rate (%)
3. Gesamtzahl der Abnehmer in der Region.
4. Anwendungsvielfalt.

# VCG.AI'S PRIORISIERTE LÖSUNG

Die folgenden Wertschöpfungsketten sind in Dortmund am wahrscheinlichsten umsetzbar. Auf Grund der Anzahl von Unternehmen als Biomasseanbieter werden auch Wertschöpfungsketten priorisiert, die verschiedene Nebenprodukte innerhalb derselben Verarbeitungstechnologie kombinieren können, wie z. B. Schnellpyrolyse, Pyrolyse und Biokonversion von Insekten.



# ZUSAMMENFASSUNG DER AUSWERTUNG

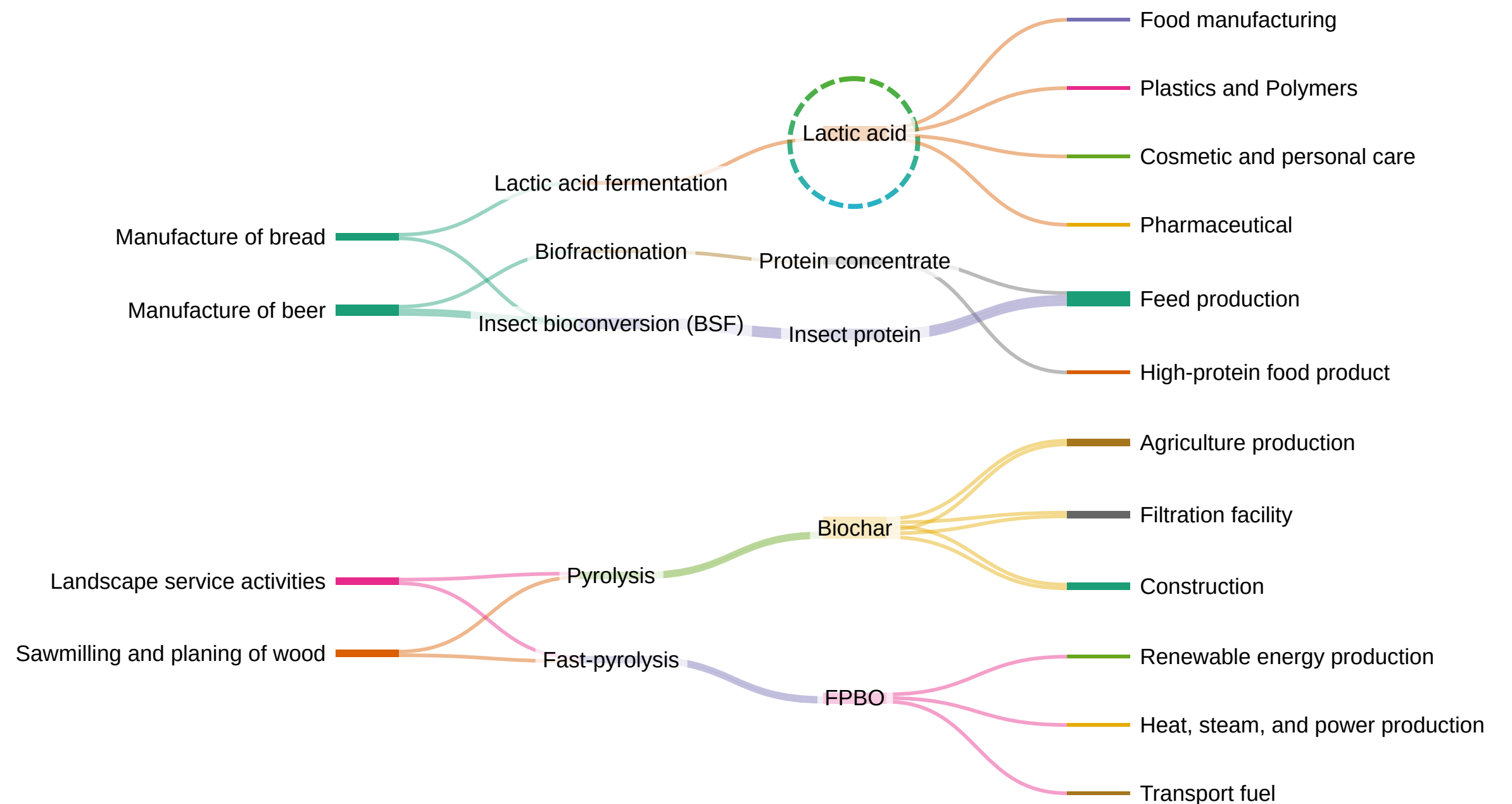
Die Tabelle bietet einen Überblick über die Bewertung von fünf potenziellen Lösungen durch VCG.AI anhand zentraler Indikatoren. Milchsäure bietet eine sofortige Umsetzbarkeit mit hoher regionaler Nachfrage, regulatorischer Konformität und vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten. Darüber hinaus zeigt FPBO ein langfristiges Wachstumspotenzial mit der höchsten jährlichen Wachstumsrate (CAGR) und dem bedeutendsten Markt hinsichtlich der regionalen Nachfrage.

Indikatoren	Milchsäure	Pflanzkinchen	Insektenprotein	Biokohle	Schnellphyrolyse Bioöl
Weltweite Marktgröße (Mrd. USD)	2.2	12.4	2	2	0.2
CAGR (%)	18.7	14.3	18	12	19.57
Gesamte Biomasseanbieter in der Region (Unternehmen)	76	24	100	67	67
Technologieanbieter/Verarbeitungsanlage in der Region	0	0	0	0	0
Gesamte Marktabnehmer in der Region (Unternehmen)	137	122	15	56	32
Gesamtumsatz der Marktabnehmer in der Region (Mio. EUR)	270	121.58	316	369.7	15,570
Marktanwendung (Sektor)	4	2	1	3	3
Regulierung	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Verwertungspfade	Hoch	Mittel-hoch	Mittel-niedrig	Niedrig	Mittel-niedrig

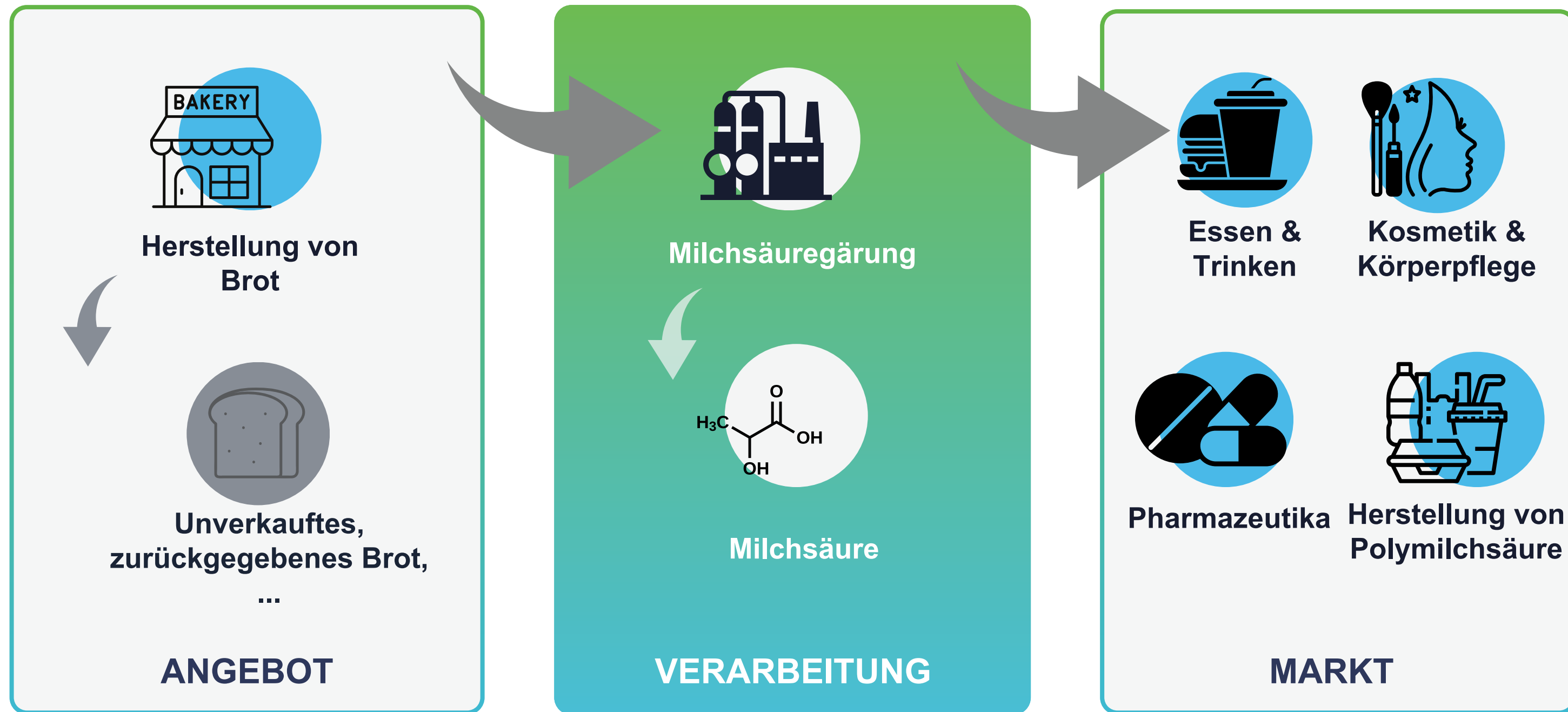
# DEEP DIVE: MILCHSÄURE AUS BROTNEBENPRODUKTEN

Im nächsten Abschnitt tauchen wir in die Wertschöpfungskette der Milchsäureproduktion in Dortmund ein und bewerten deren Umsetzbarkeit anhand regionaler Daten und zentraler Marktindikatoren.

- 4** Biomasse-anbieter
- 8** Wertschöpfungsketten
- 5** Umwandlungstechnologien
- 5** Endprodukte
- 12** Marktanwendungen



# BIOLINK® 1 - MILCHSÄURE AUS BROTNEBENPRODUKTEN



**76** Herstellung von Brot

**1** Verarbeitungsanlage (nicht im Einzugsgebiet)

**137** Abnehmer Unternehmen

# EINBLICKE IN DEN MILCHSÄUREMARKT

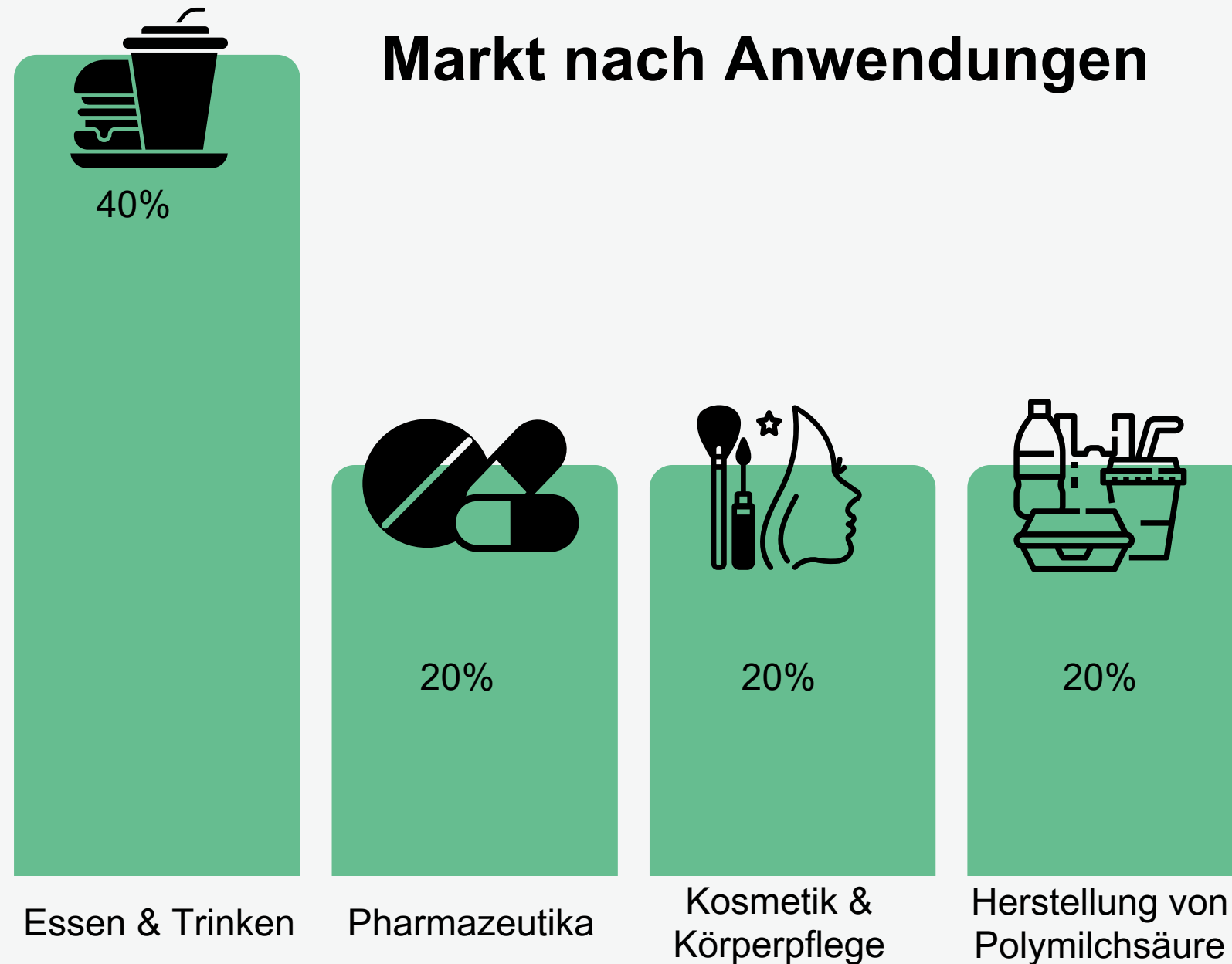
2,2 B  
USD

Globale  
Marktgröße 2024

18,7%

CAGR 2024-2029

## Markt nach Anwendungen



### Europa Einblick:

Der europäische Milchsäuremarkt wird voraussichtlich zwischen 2024 und 2029 mit einer CAGR von 7,7 % wachsen. Die großen Akteure halten den größten Teil des Marktes, wodurch der Markt konsolidiert ist. Um wettbewerbsfähig zu bleiben, konzentrieren sie sich darauf, in die Entwicklung neuer Produkte zu investieren und ihre Marketingstrategien zu optimieren, insbesondere um die Herausforderungen schwankender Rohstoffkosten zu bewältigen.

Mordor intelligence, 2024

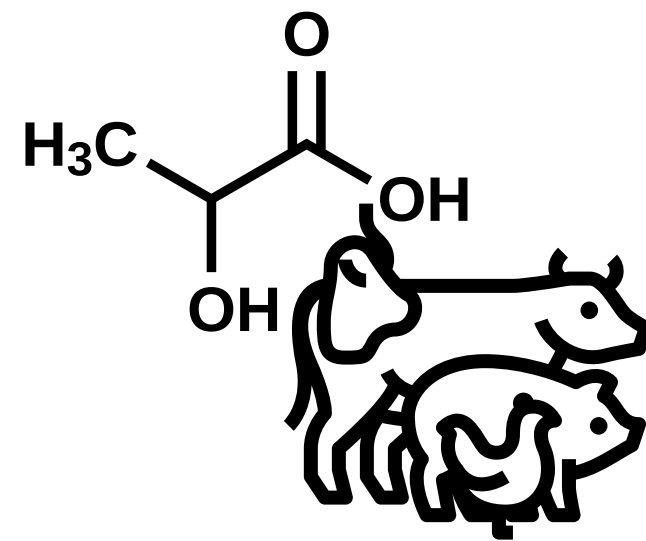
## Markttreiber

- Die breite Anwendung von Milchsäure in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie, einschließlich ihrer Rolle als Konservierungs-, Pökel- und Aromastoff, ist ein wichtiger Markttreiber.
- Der Vorschlag der Europäischen Kommission, Milchsäure als Sicherheitsmaßnahme zur Verringerung der mikrobiellen Kontamination von Rinderschlachtkörpern zu verwenden, wird voraussichtlich den europäischen Milchsäuremarkt ankurbeln.
- Die antimikrobiellen und feuchtigkeitsspendenden Eigenschaften der Milchsäure steigern die Nachfrage der Kosmetikhersteller.

## Markteinschränkungen

- Der Prozess der Milchsäuregärung verlangt eine Optimierung der Technologie und eine Produktreinigung. Es handelt sich um ein biotechnologisches Verfahren, das auch eine optimierte Nährstoffversorgung mit hohen Herstellungskosten erfordert.

Verwendung von  
Milchsäure als  
Desinfektionsmittel für  
verschiedene  
Industrien.



## REGULIERUNG

- Die Verordnung (EU) Nr. 101/2013 der Kommission erlaubt die Verwendung von Milchsäure zur Verringerung der mikrobiologischen Oberflächenkontamination von Rinderschlachtkörpern. Die Anwendung ist auf ganze Schlachtkörper, Schlachtkörperhälften oder Schlachtkörperviertel auf der Ebene des Schlachthofs beschränkt.
- Mit der Durchführungsverordnung (EU) 2017/2002 der Kommission wurde Milchsäure zur Verwendung in Biozidprodukten der Produktarten 2 (Desinfektionsmittel und Algizide, die nicht zur direkten Anwendung bei Mensch oder Tier bestimmt sind), 3 (Veterinärhygiene) und 4 (Lebensmittel- und Futtermittelbereich) zugelassen.



**TripleW<sup>3</sup>**

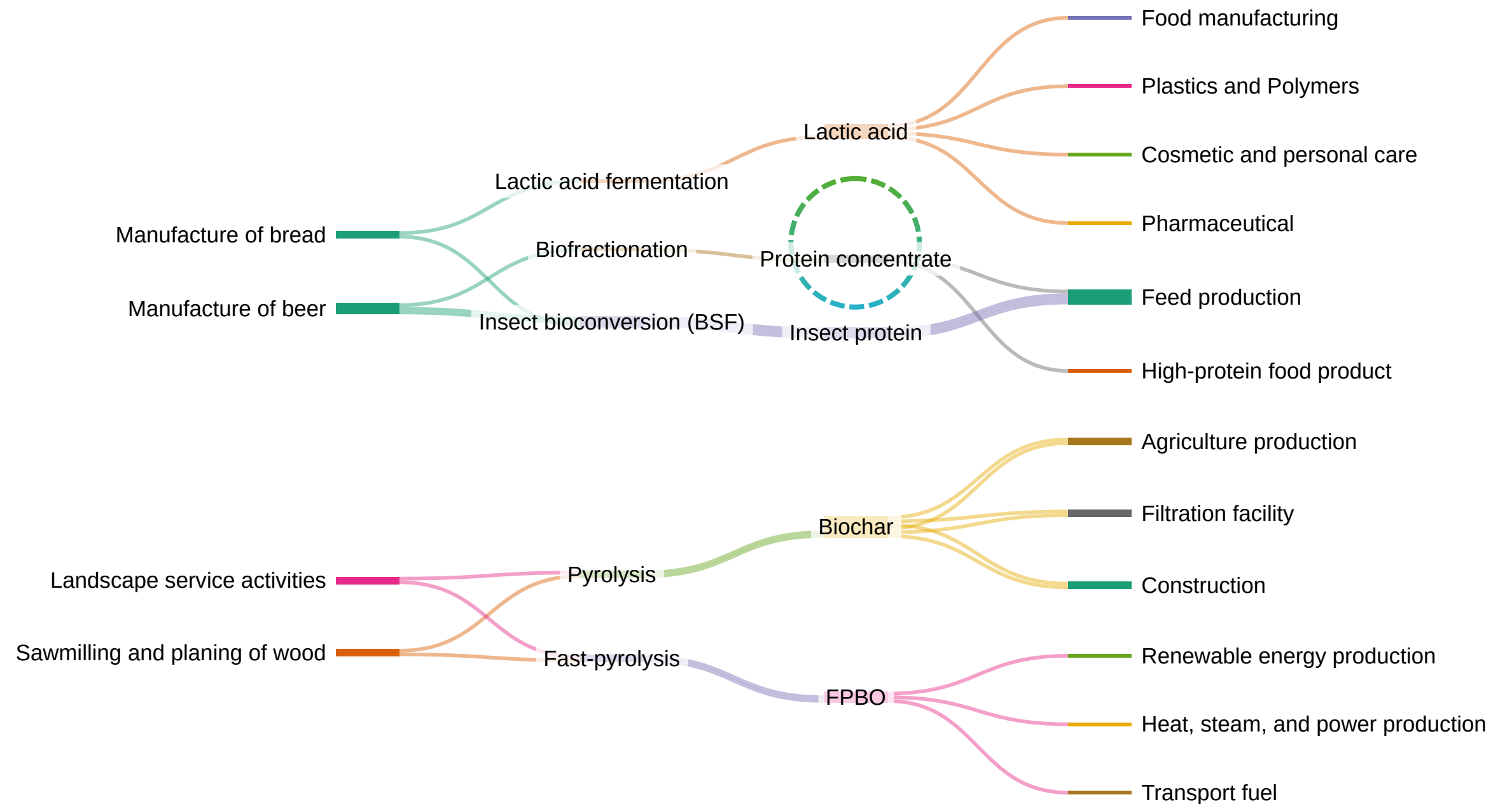
## ÜBERSICHT

- Unternehmen: TripleW
- Standort: Ghent, Belgien
- Rohstoff: Lebensmittelabfälle, einschließlich Brotabfälle
- Engagement Option: Abfalllieferant für einen der Standorte werden. Oder eigene TripleW-Anlage mit einem Mindeststrom von 10.000 Tonnen pro Jahr etablieren.
- Letztes Update: €17 Millionen Zuschuss vom Circular Bio-based Europe Joint Undertaking (CBE JU) für das CIRCLE-Projekt zum Bau einer Flagship-Anlage in den Niederlanden.

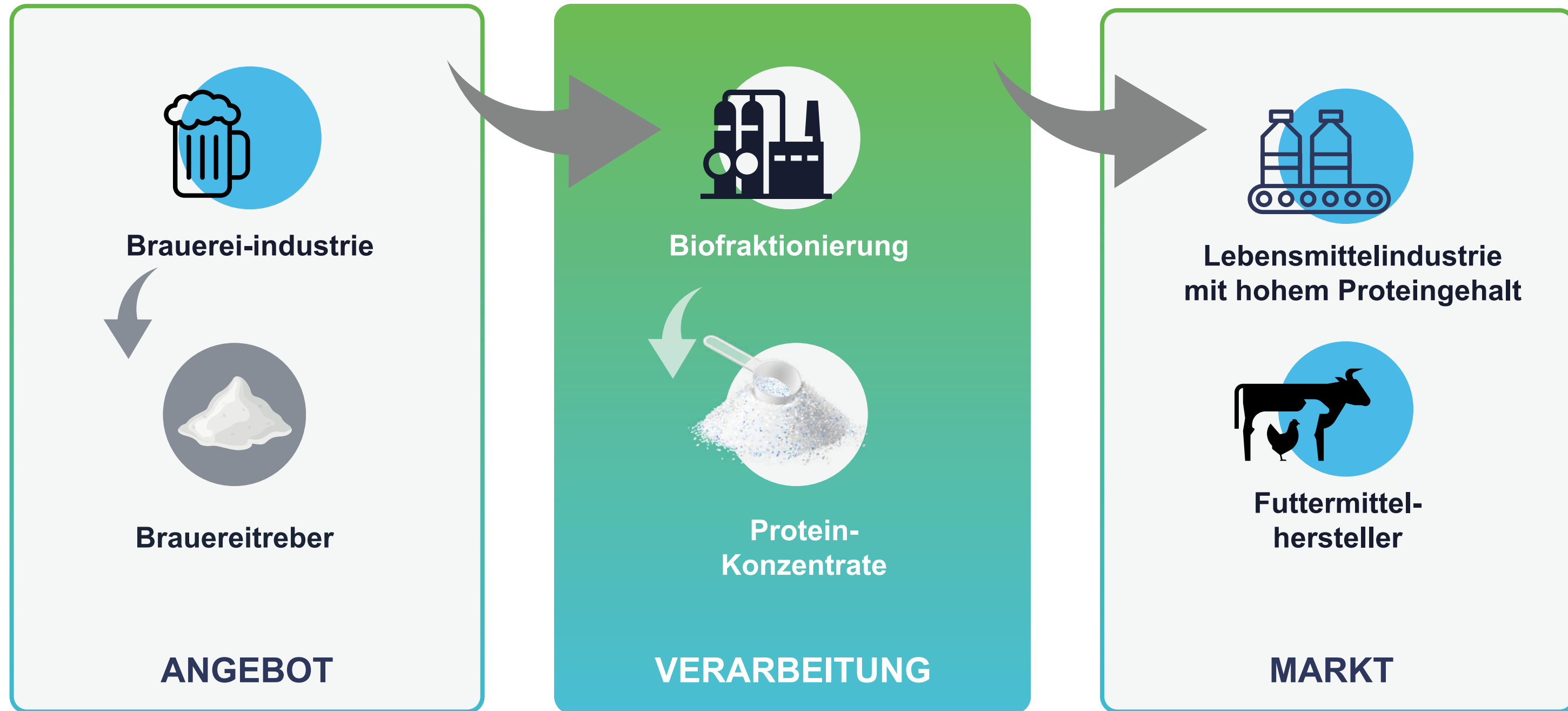
# DEEP DIVE: PFLANZENBASIERTES PROTEIN AUS BRAURESTEN

Im nächsten Abschnitt tauchen wir tief in die Wertschöpfungskette der pflanzenbasierten Proteinproduktion in Dortmund ein und bewerten deren Umsetzbarkeit anhand regionaler Daten und zentraler Marktindikatoren.

- 4** Biomasse-anbieter
- 8** Wertschöpfungsketten
- 5** Umwandlungstechnologien
- 5** Endprodukte
- 12** Marktanwendungen



# BIOLINK® 2 - PFLANZLICHES PROTEIN



**24** Brauerei-industrie

**0** Verarbeitungs-anlagen

**122** Abnehmer Unternehmen

# EINBLICKE IN DEN PFLANZLICHEN PROTEINMARKT

12,4 B  
USD  
Globale  
Marktgröße 2024

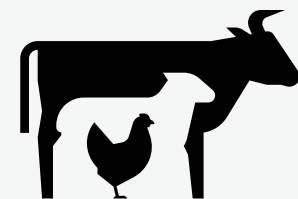
14,3%  
CAGR 2023-2030

## Markt nach Anwendungen



Lebensmittel

Dazu gehören Fleischalternativen, Molkereialternativen, Backprodukte, Leistungsnahrung und Fertiggerichte. Der Lebensmittelsektor ist aufgrund der hohen Nachfrage nach gesünderen und nachhaltigen Lebensmitteln das führende Segment.



Futtermittel

Verwendung in der Tierernährung, allerdings in geringerem Umfang als im Lebensmittelsektor.

**Europa Einblick:**  
Der europäische Markt beträgt im Jahr 2020 3,5 Mrd. EUR und ist in den letzten beiden Zeiträumen um 49 % gestiegen.

Smart Protein Project, European Union's Horizon 2020 research and innovation programme, No 862957, 2021

# PFLANZLICHES PROTEIN - MARKTTREIBER UND EINSCHRÄNKUNGEN

## Markttreiber

- Die Verbraucher wechseln zu einer pflanzlichen Ernährung, um gesünder zu leben und das Risiko chronischer Krankheiten zu verringern.
- Proteine aus Pflanzen gelten als umweltfreundlicher als tierische Proteine.
- Verbesserter Geschmack, Textur und Nährwertprofile von pflanzlichen Proteinprodukten ziehen mehr Verbraucher an.

## Markteinschränkungen

- Schwankungen bei den Rohstoffpreisen können sich auf die Produktionskosten auswirken.
- Manche Verbraucher finden pflanzliche Proteine weniger attraktiv als tierische Proteine, was die Verbreitung erschweren kann.



Hydration Stick  
with protein

evergrain<sup>®</sup>  
by ABInBev

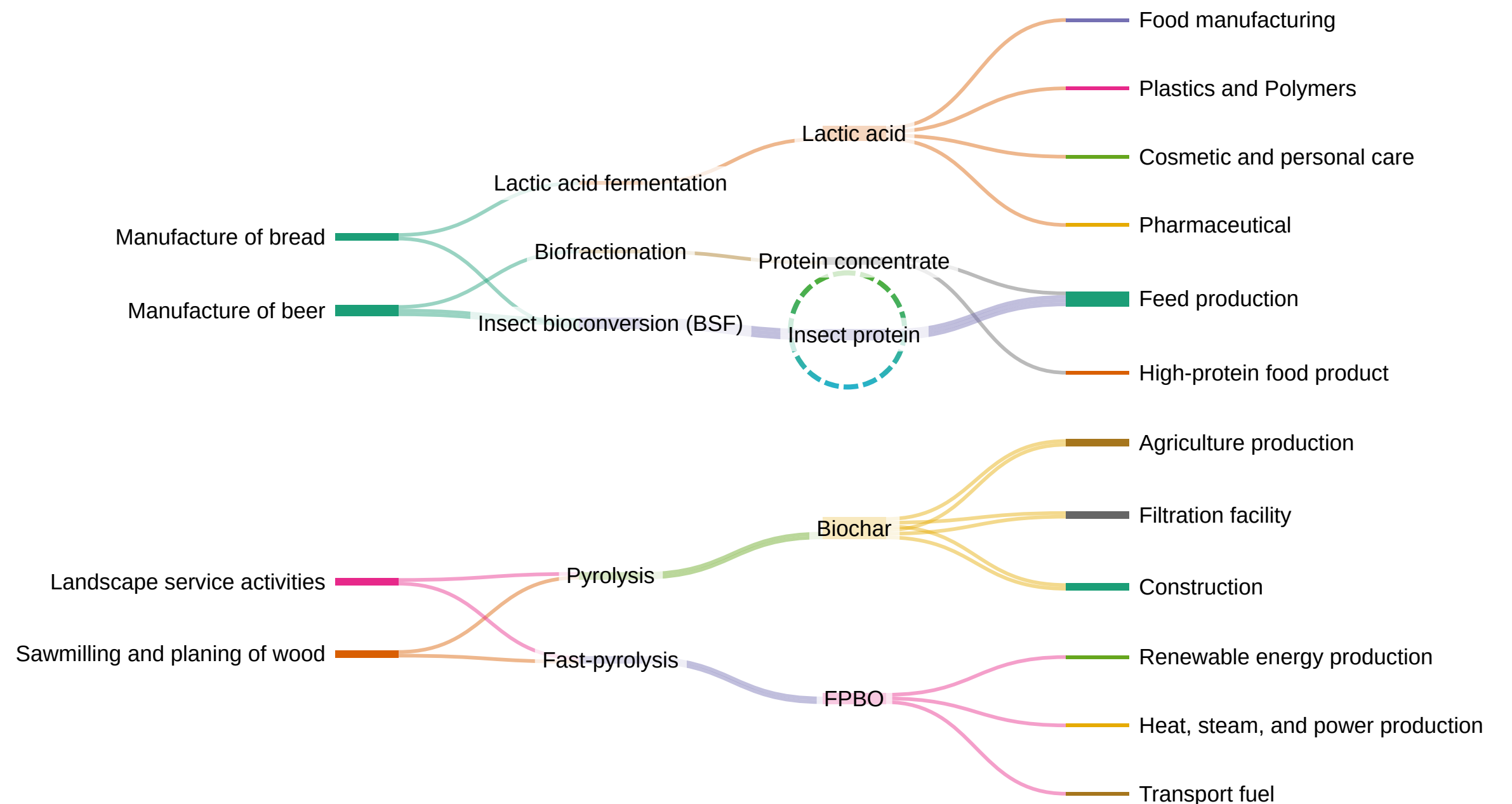
## ÜBERSICHT

- Unternehmen: EverGrain von AB InBev
- Standort: St. Louis, USA
- Produkt: EverPro™, ein BSG gewonnenes lösliches Proteinisolat, das sich für Getränke und Ernährungsprodukte eignet.
- Rohstoff: Biertreber
- Produkteigenschaften: 85%+ Proteingehalt, 10x schmackhafter, nachhaltiges Protein.

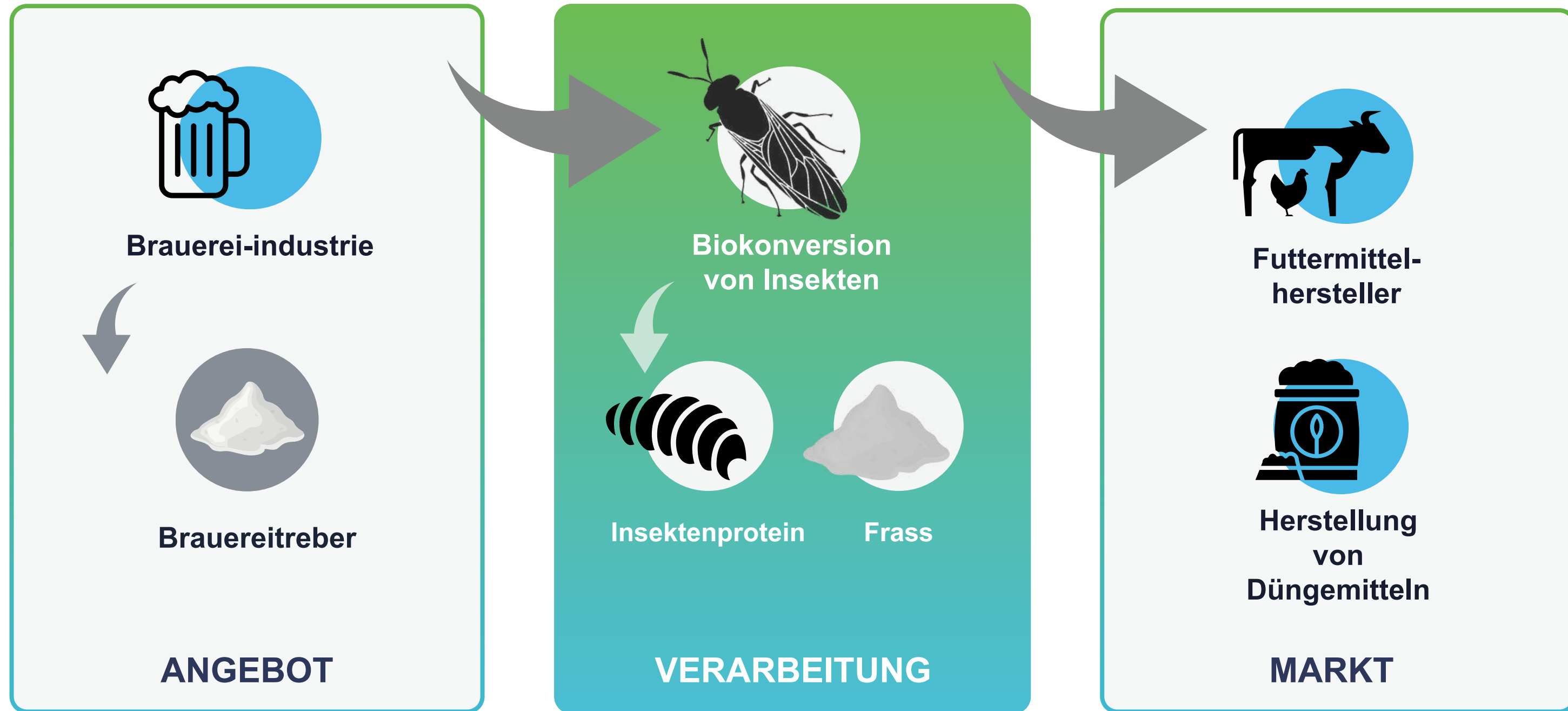
# DEEP DIVE: INSEKTENPROTEIN AUS BROT UND BRAURESTEN

Im nächsten Abschnitt tauchen wir tief in die Wertschöpfungskette der Insektenproteinproduktion in Dortmund ein und bewerten deren Umsetzbarkeit anhand regionaler Daten und zentraler Marktindikatoren.

- 4** Biomasse-anbieter
- 8** Wertschöpfungsketten
- 5** Umwandlungstechnologien
- 5** Endprodukte
- 12** Marktanwendungen



# BIOLINK® 3 - INSEKTENPROTEIN

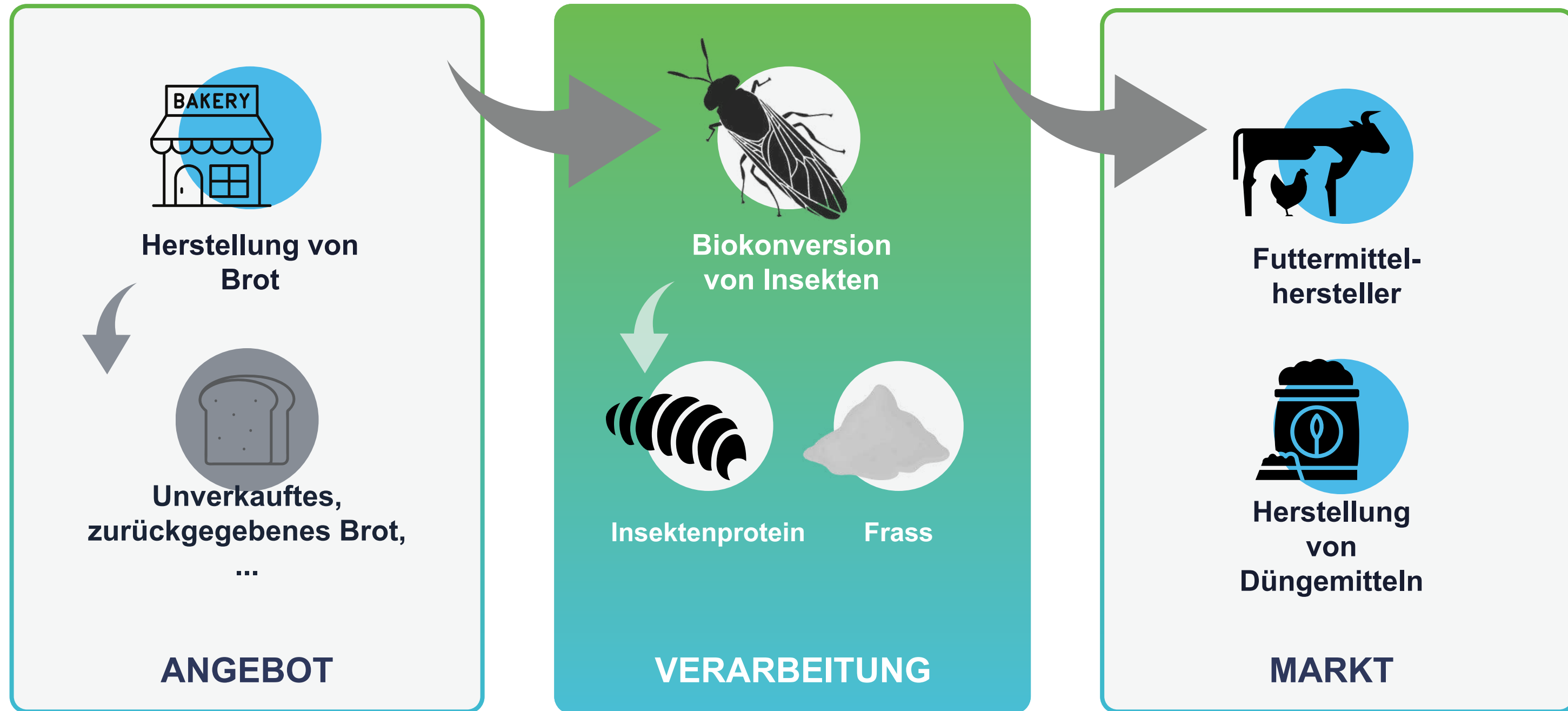


**24** Brauerei-Industrie

**4** Verarbeitungsanlagen (nicht im Einzugsgebiet)

**15** Abnehmer Unternehmen

# BIOLINK® 4 - INSEKTENPROTEIN



**76** Herstellung von Brot

**4** Verarbeitungsanlagen (nicht im Einzugsgebiet)

**15** Abnehmer Unternehmen

# EINBLICKE IN DEN INSEKTENPROTEINMARKT

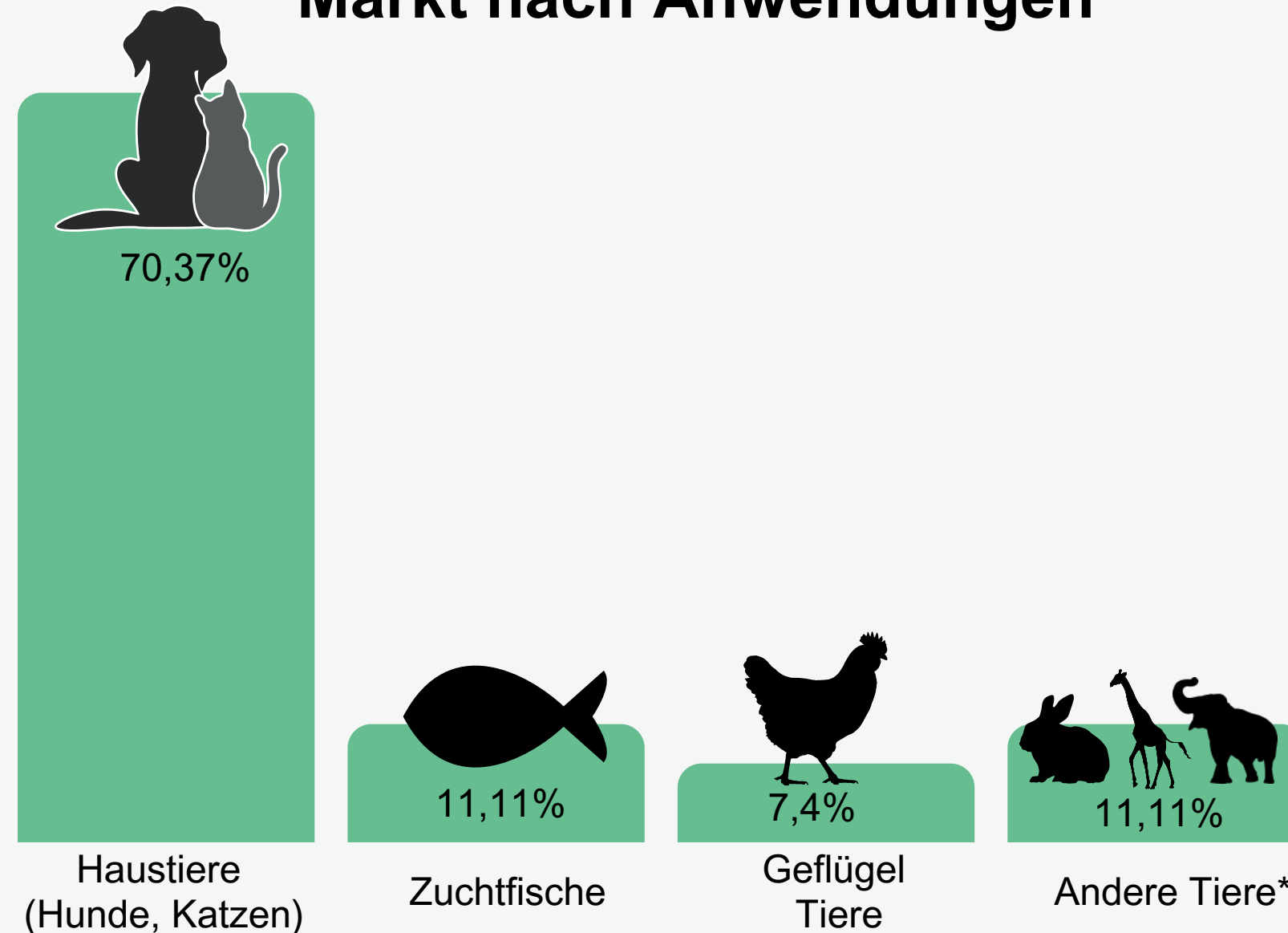
2 B  
USD

Globale  
Marktgröße 2024

18%

CAGR 2023-2030

## Markt nach Anwendungen



### Europa Einblick:

Im Jahr 2022 wurden etwa 4.000 Tonnen Insekten-PAPs und fast 10.000 Tonnen Insektenfuttermittel produziert. Es wird erwartet, dass die Produktion von Futterinsekten in den kommenden Jahren erheblich wachsen wird. Mit den geplanten Investitionen für Mitte der 2020er Jahre könnte der Sektor bis zum Ende des Jahrzehnts einen Jahresumsatz von etwa 2 Milliarden Euro erzielen.

IPPIF, 2023

## Markttreiber

- Insekten haben einen hohen Proteingehalt und sind reich an anderen nützlichen Nährstoffen wie Fetten, Mineralien und Vitaminen.
- Insekten zeichnen sich durch eine höhere Futtermittelverwertung aus und können so zu einer äußerst wertvollen Futterquelle für Tiere in der Landwirtschaft werden.
- Einschlägige EU-Initiativen (z. B. die Strategie „Vom Bauernhof zum Bauernhof“, der Aktionsplan für ökologische Landwirtschaft).
- IPIFF geht davon aus, dass Fleisch und Fisch, die ehemalige Lebensmittel enthalten, bis 2026-2027 als Substrat für Zuchtinsekten (auf EU-Ebene) zugelassen werden könnten.

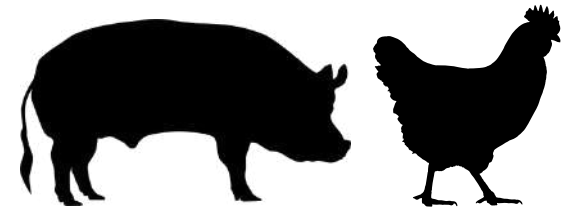
## Markteinschränkungen

- Regulatorische und Lieferketten-Herausforderungen: Strenge staatliche Vorschriften zur Tiergesundheit und Produktqualität sowie die Notwendigkeit effizienter Lieferketten stellen die Hersteller und Großhändler von Insektenfutter vor Herausforderungen

Die Schwarze Soldatenfliege ist für die Futtermittelproduktion zugelassen.

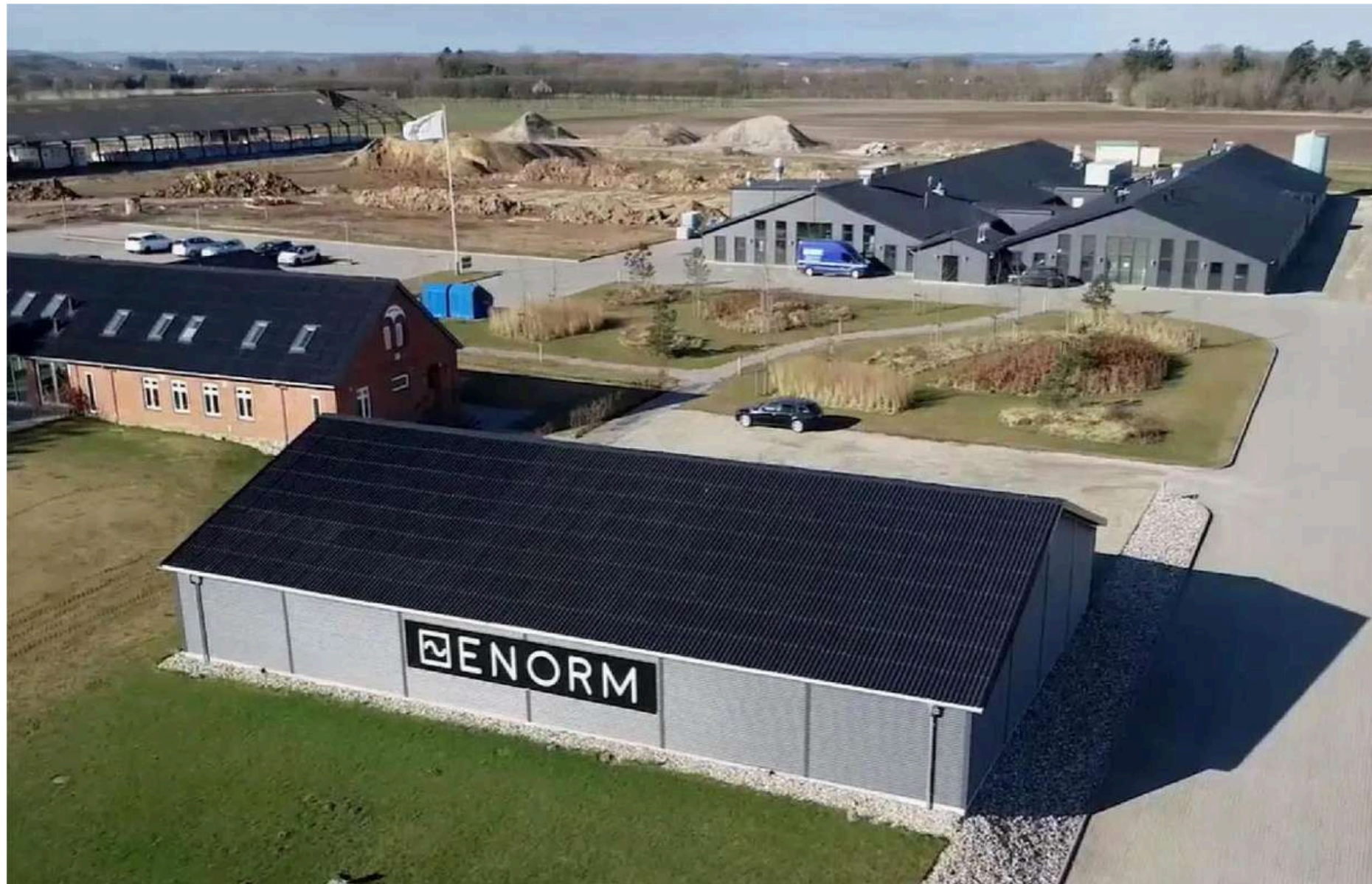


Insektenproteine dürfen an Schweine und Geflügel verfüttert werden.



## REGULIERUNG

- Verordnung (EU) 2017/1017: Diese Verordnung enthält eine Positivliste zugelassener Insektenarten für die Futtermittelproduktion, wie die Schwarze Soldatenfliege (*Hermetia illucens*), die Stubenfliege (*Musca domestica*) und den Mehlwurm (*Tenebrio molitor*). Nur die im Katalog aufgeführten Arten sind für die Verwendung in Futtermitteln zugelassen.
- Verordnung (EU) 2021/1372: Die Verordnung angenommen am 17. August 2021 erlaubt die Verwendung von aus Insekten gewonnenen verarbeiteten tierischen Proteinen (PAPs) in Futtermitteln für Nutztiere, die keine Wiederkäuer sind, wie z. B. Schweine und Geflügel. Diese Verordnung ergänzt die bestehende Liste, die Heimtier- und Zuchtfische umfasst.



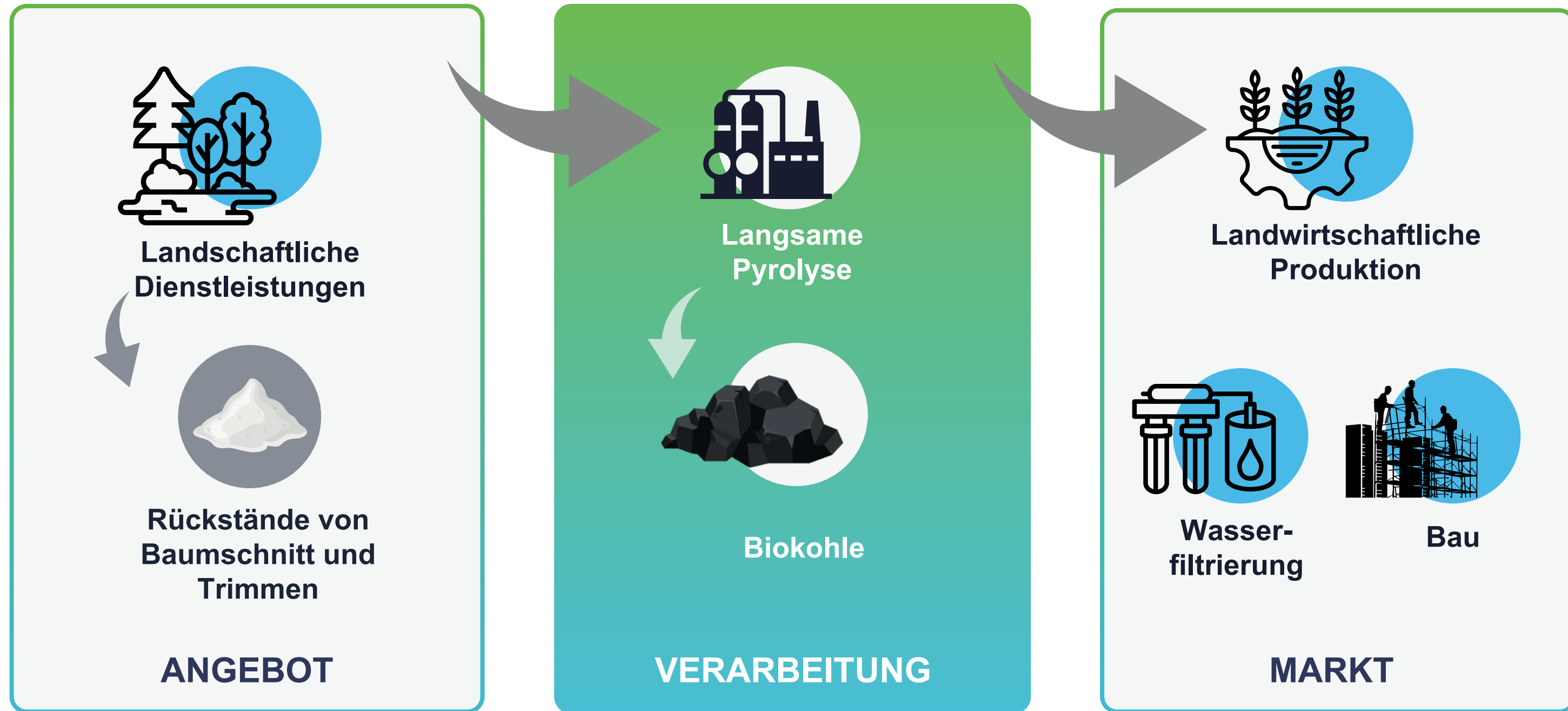
**ENORM**

## ÜBERSICHT

- Unternehmen: Enorm Biofactory
- Standort: Dänemark
- Aktivität: Aufzucht und Zucht der Schwarzen Soldatenfliege zur Herstellung von Insektenproteinen
- Kapazität: 20.000 m<sup>2</sup> mit 10.000 t BSFL/Jahr
- Akteure: DLG (Miteigentümer), Better Insect Solution (Technologielieferant), SKOV (Ausrüstung & Kiste), INNO+ (Luftreinigung & Hitze)



# BIOLINK® 5 - BIOKOHLE

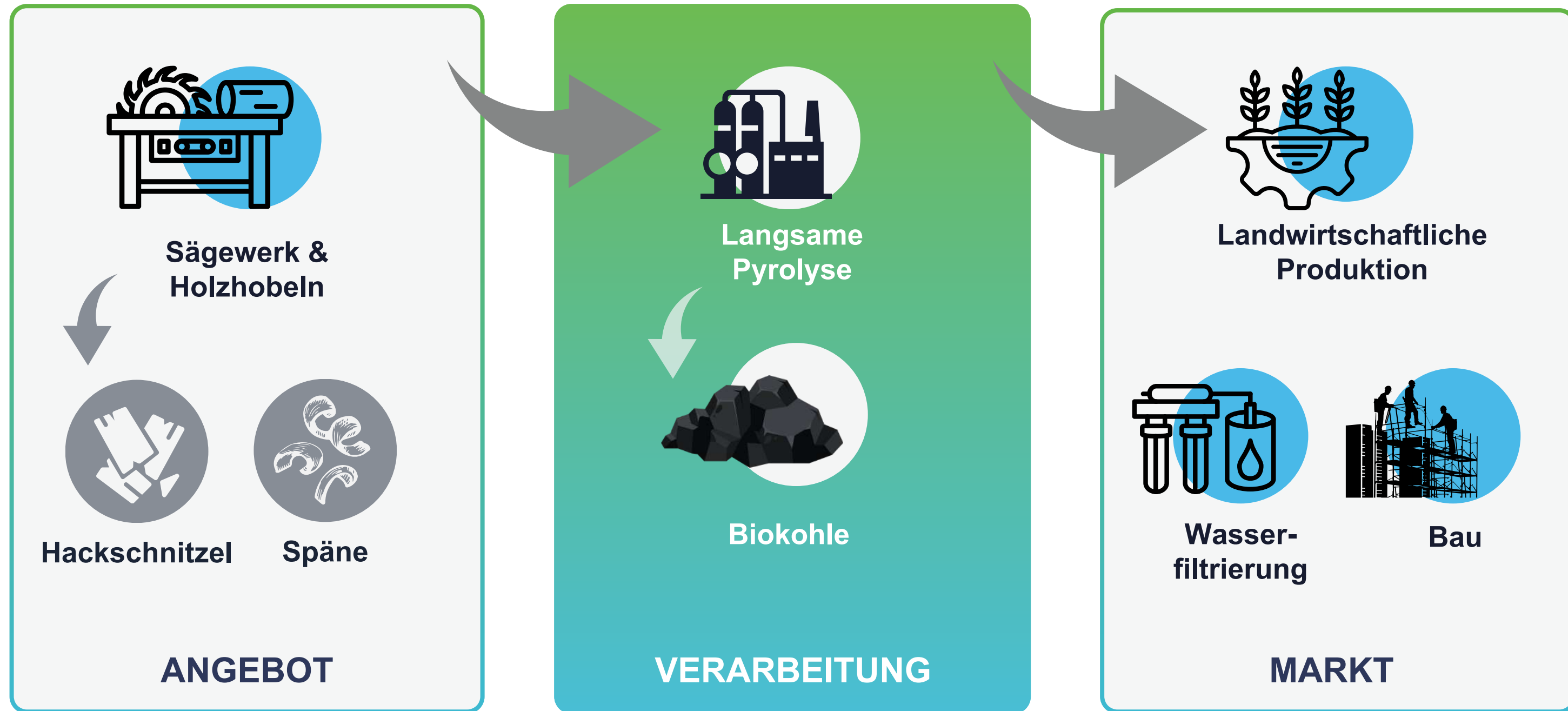


**55** Landschaftliche Dienstleistungen

**1** Verarbeitungsanlage (nicht im Einzugsgebiet)

**56** Abnehmer Unternehmen

# BIOLINK® 6 - BIOKOHLE



**12** Sägewerk & Holzhobeln

**1** Verarbeitungsanlage (nicht im Einzugsgebiet)

**56** Abnehmer Unternehmen

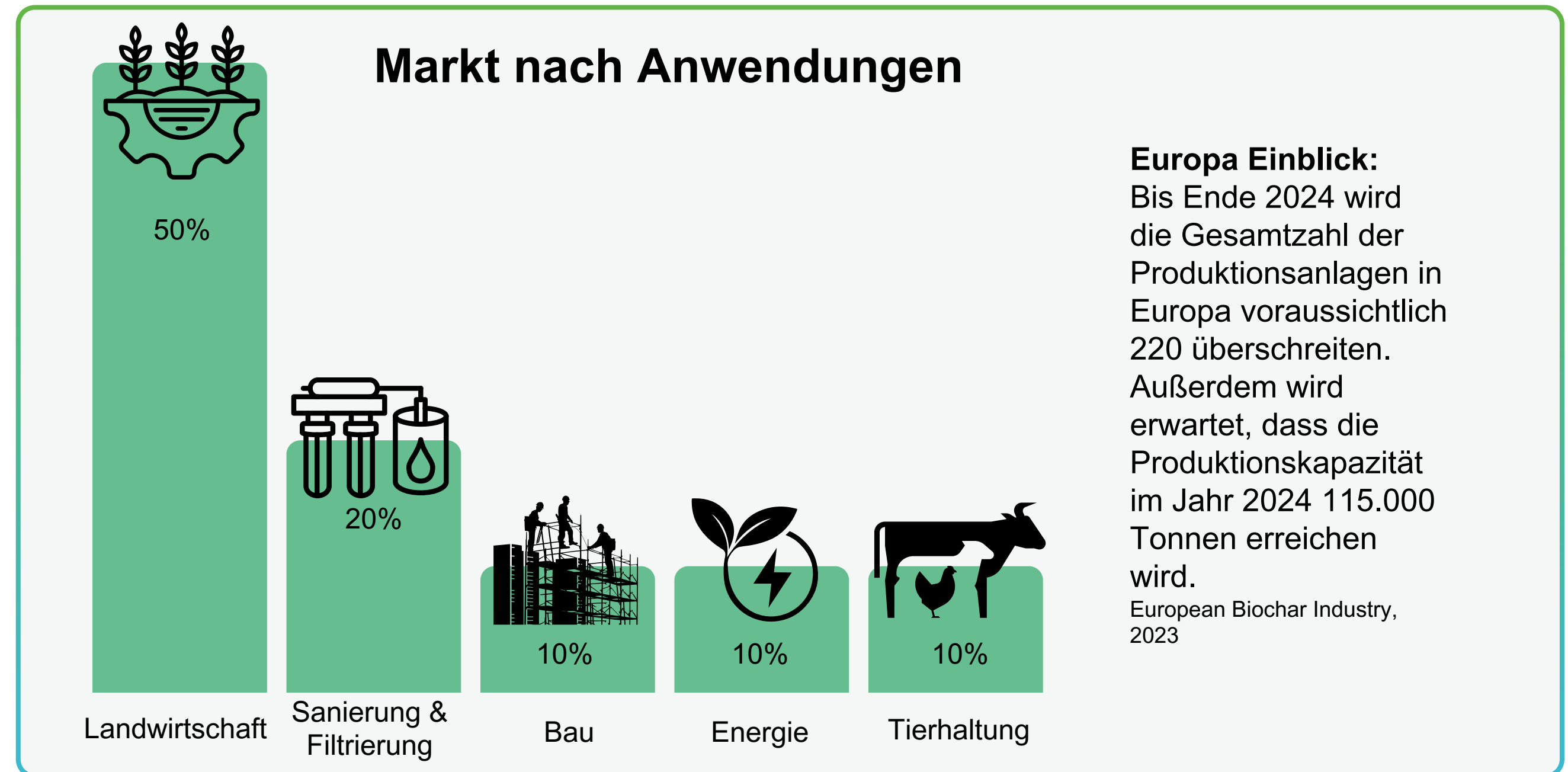
# EINBLICKE IN DEN BIOKOHLEMARKT

2,1 B  
USD

Globale  
Marktgröße 2024

12%

CAGR 2024-2029



## Markttreiber

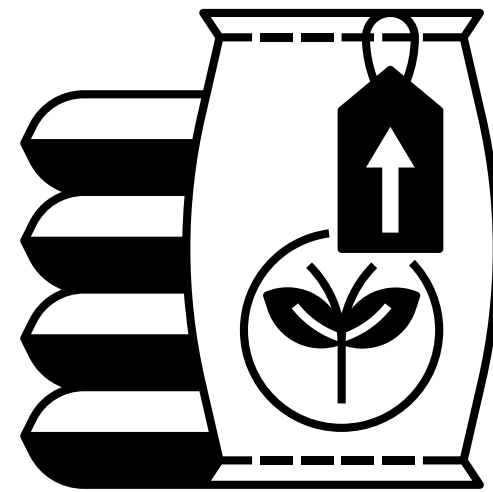
- Wachsendes Interesse am ökologischen Landbau in der Agrarindustrie.
- Die Anwendung von Biokohle in städtischen Böden breitet sich von Schweden zunehmend auf andere europäische Länder aus.
- Der Markt für Biokohle in Beton hat das Potenzial, sehr große Mengen an Biokohle aufzunehmen.
- CO<sub>2</sub>-Zertifikate für die Valorisierung der Klimadienstleistung sind zu einem unverzichtbaren Element des Biokohlegeschäfts in den kohlenstoffhaltenden Anwendungen geworden - dennoch sind „nur“ etwa 75 % der Produktionskapazität als Kohlenstoffabbau zertifiziert.
- Landwirtschaftliche Reststoffe als Rohstoff werden immer wichtiger

## Markteinschränkungen

- Regulatorische Hürden und komplexe Genehmigungsverfahren, die sich der Kontrolle der lokalen Landverwalter entziehen, können Biokohleprojekte von der Planung bis zur Umsetzung behindern.
- Logistische Herausforderungen wie die Qualität des Ausgangsmaterials, die Auswahl des Standorts, neue Technologien und Produktionsmethoden variieren je nach der Produktion vor Ort oder dem Transport der Biomasse außerhalb des Standorts.
- Wissenslücken bei der effektiven Nutzung von Biokohle zur Boden- und Vegetationsverbesserung.
- Aufgrund der steigenden Produktionsmenge sind die Marktpreise für Biokohle unter Preisdruck gekommen.

## REGULIERUNG

Biokohle darf als zertifiziertes Düngemittel und Bodenverbesserungsmittel verwendet werden.



- Düngemittelverordnung (EU) 2019/1009: Component Material Category 14 (CMC 14) kann Biokohle in EU-zertifizierten Düngemitteln verwendet werden, wenn sie die festgelegten Qualitätsstandards erfüllt.
- Die Verordnung (EU) 2019/2164 erlaubt die Verwendung von Biokohle, die aus bestimmten Rohstoffen hergestellt wird, im ökologischen Landbau als Bodenverbesserungsmittel.

# BIOKOHLE - PROJEKTREFERENZ



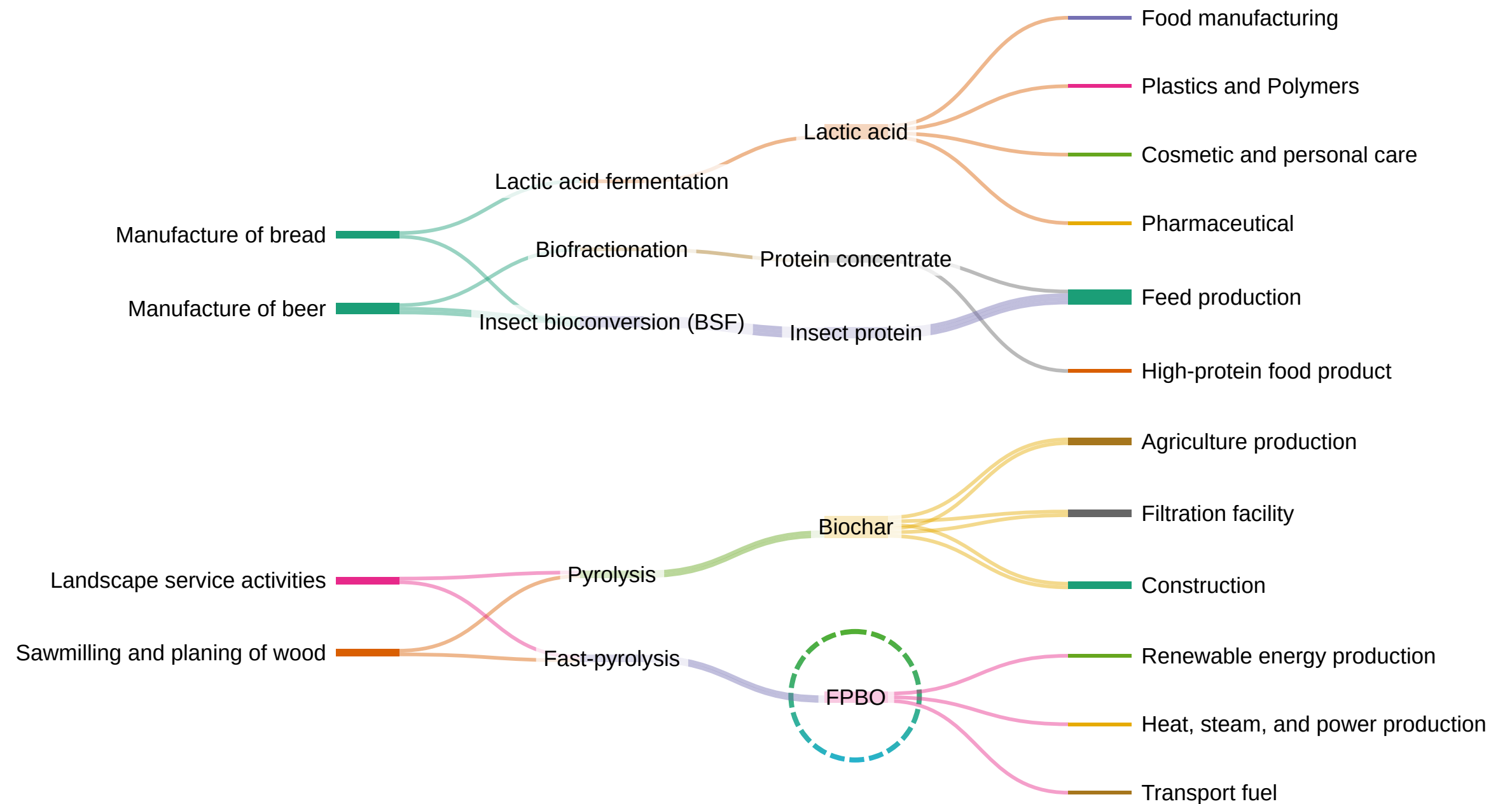
## Key notes:

- Unternehmen: Novocarbo GmbH
- Standort: Deutschland
- Technologie: Pyreq
- Anlage: PYREG 2x PX1500
- Inbetriebnahme: 2023
- Rohstoff: holzige Biomasse
- Überschüssige Energienutzung: 6.600 MWhth\* Wärme für das lokale Fernwärmenetz und 1.050 MWhel\*\* Strom
- Produktion von Biokohle: 1.700 t/Jahr  
Biokohle entsprechend 3.200 t CO<sub>2</sub>e.

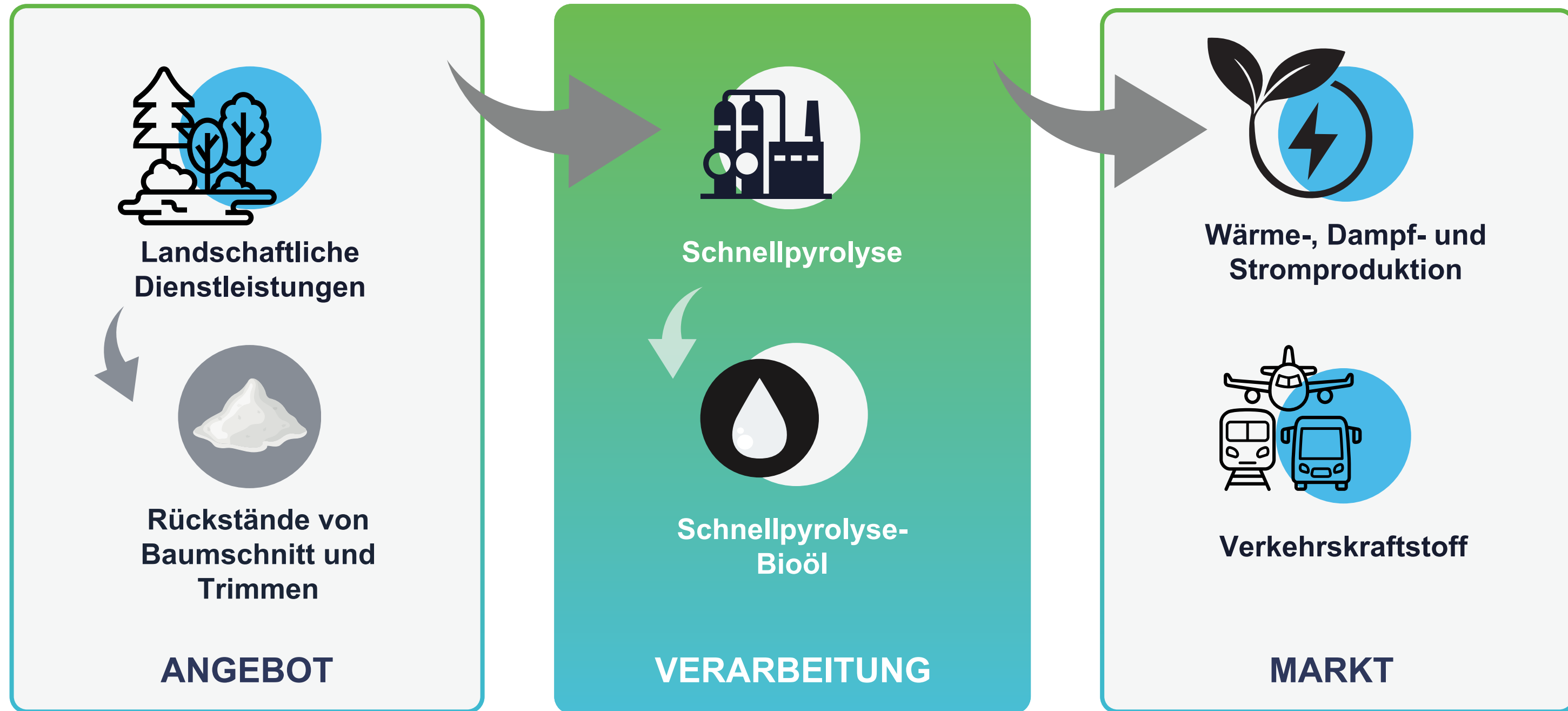
# DEEP DIVE: FPBO AUS LANDSCHAFTSPFLEGE UND SÄGEWERKEN

Im nächsten Abschnitt tauchen wir tief in die Wertschöpfungskette der FPBO-Produktion in Dortmund ein und bewerten deren Umsetzbarkeit anhand regionaler Daten und zentraler Marktindikatoren.

- 4** Biomass Providers
- 8** Value Chains
- 5** Valorisation Technologies
- 5** End products
- 12** Market applications



# BIOLINK® 7 - SCHNELLPYROLYSE BIOÖL

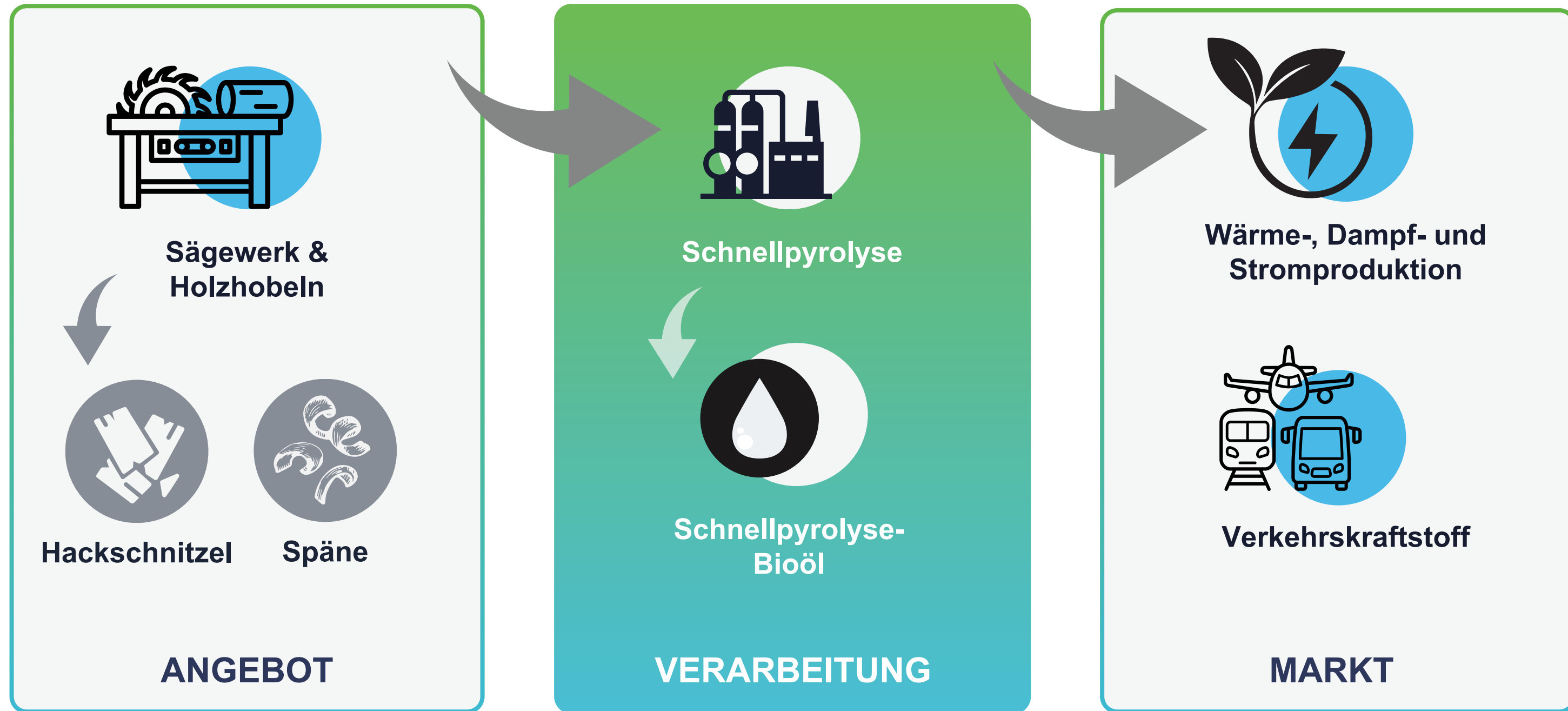


**55** Landschaftliche Dienstleistungen

**1** Verarbeitungsanlage (nicht im Einzugsgebiet)

**32** Abnehmer Unternehmen

# BIOLINK® 8 - SCHNELLPYROLYSE BIOÖL



**12** Sägewerk & Holzhobeln

**1** Verarbeitungsanlage (nicht im Einzugsgebiet)

**32** Abnehmer Unternehmen

# EINBLICKE IN DEN MARKT FÜR SCHNELLPYROLYSE-BIOÖL

0,52 B  
USD

Globale  
Marktgröße 2024

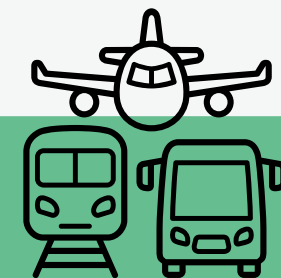
19,57%

CAGR 2024-2029

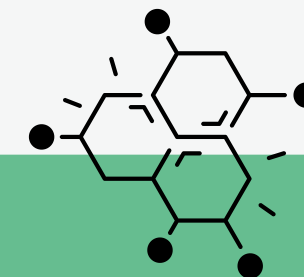
## Markt nach Anwendungen



Wärme-, Dampf- und  
Strom



Kraftstoff



Biobasierte Chemikalien

### Europa Einblick:

Speziell für Verkehrskraftstoffe entsprechen die 59,4 PJ/Jahr an Pyrolyseöl-Energie, die im Jahr 2030 nach dem hohen Szenario verwendet werden sollen, der Produktion von 3,7 Millionen Tonnen Pyrolyseöl pro Jahr oder 155 Anlagen mit einer Pyrolyseölproduktion von 24.000 Tonnen pro Jahr.

MUSIC, European Union's Horizon 2020 research and innovation programme No 857806, 2023

# SCHNELLPYROLYSE-BIOÖL - MARKTTREIBER UND EINSCHRÄNKUNGEN

## Markttreiber

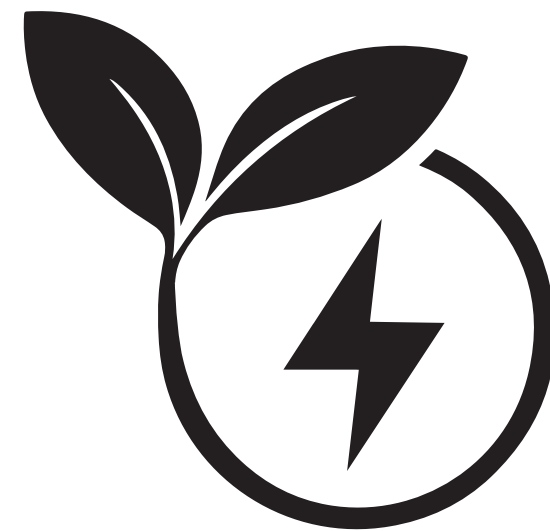
- Regulatorische Unterstützung: Die EU-Richtlinie über erneuerbare Energien und die nationalen Ziele für die Nutzung erneuerbarer Energien unterstützen die Entwicklung und Einführung biobasierter Alternativen wie Fast-Pyrolyse-Bioöl.
- Schnellpyrolyse-Bioöl kann oft mit minimalen Änderungen in der bestehenden Infrastruktur für fossile Brennstoffe verwendet werden, was seine Einführung ohne größere Vorabinvestitionen erleichtert.
- Die Nachfrage nach erneuerbaren, kohlenstoffarmen Energiequellen für die Kraftstoff- und Chemieindustrie.

## Markteinschränkungen

- Der hohe Säuregehalt von FBPO stellt ein Hindernis für das Marktwachstum dar.
- Konkurrenz durch alternative Biokraftstoffquellen.
- Verfügbarkeit von Rohstoffen und Preisvolatilität.

## REGULIERUNG

FPBO wird als fortschrittlicher Biokraftstoff klassifiziert.



Die Erneuerbare-Energien-Richtlinie 2018/2001/EU (RED II) legt einen Rahmen für die Förderung erneuerbarer Energiequellen in der Europäischen Union fest. FPBO gilt gemäß Anhang IX Teil A der RED II als fortschrittlicher Biokraftstoff, wenn er aus Nicht-Lebensmittel-Biomasse-Rohstoffen wie landwirtschaftlichen Reststoffen, forstwirtschaftlichen Reststoffen oder organischen Abfällen gewonnen wird.



## ÜBERSICHT

- Unternehmen: BTG Bioliquids / Empyro BV
- Standort: Hengelo, die Niederlande
- Technologie: BTG
- Inbetriebnahme: 2015
- Rohstoff: Holzbiomasse
- Kapazität: 5 Tonnen Holzabfälle pro Stunde auf einer 24/7-Basis
- Jährliche Produktion:
  - Öl 24.000 Tonnen
  - Elektrizität 2.200 MWh
  - Dampf 80.000 Tonnen
  - CO<sub>2</sub>-Äq.-Reduzierung 24.000 Tonnen



**vcg.ai**<sup>®</sup>  
VALUE CHAIN GENERATOR

**Lassen Sie uns gemeinsam die Entwicklung  
der Kreislaufwirtschaft vorantreiben!**

**Kontaktieren Sie uns**

VCG.AI GmbH  
Seyffer Strasse 34  
70197 Stuttgart  
Deutschland

---

Fadli Fadli  
Projektleiter  
fadli@vcg.ai  
LI: /fadlimustamin

