Gefördert durch:

Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Störtebeker
BRAUMANUFAKTUR

Greifswalder Chaussee 84-85, 18439 Stralsund

Schlussbericht – Teil II (Eingehende Darstellung)

RUBIN
Regionale unternehmerische
Bündnisse für Innovation

RUBIN – MaltFungiProtein

Verbundvorhaben VP1: Malt2Fungi

Teilvorhaben TP1: Entwicklung eines Umwandlungsprozesses von Biertreber zu Pilzmyzel

Förderkennzeichen: 03RU1U081A

Laufzeit: 01.09.2022 – 31.08.2025

Autor: Jens Reineke-Lautenbacher

Förderhinweis

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) unter dem Förderkennzeichen 03RU1U081A gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts liegt beim Autor.

1. Zielsetzung und Einordnung in den Verbund

Ziel des RUBIN-Verbundvorhabens „MaltFungiProtein“ war die Entwicklung, Skalierung und Demonstration eines biotechnologischen Prozesses zur Aufwertung von Biertreber zu proteinreicher Pilzbiomasse (Myzel). Der Fokus lag auf der Schaffung einer industriell integrierbaren Lösung mit Modellcharakter für kleine und mittlere Unternehmen der Brau- und Lebensmittelwirtschaft.

Das Teilvorhaben der Störtebeker Braumanufaktur GmbH adressierte die Überführung der im Verbund entwickelten biologischen und verfahrenstechnischen Grundlagen in eine brauereitaugliche Prozesskette. Neben der Rohstoffbereitstellung standen insbesondere das Prozess- und Anlagendesign, die genehmigungsrechtliche Abstimmung, der Aufbau und Betrieb der Pilot- und Demonstrationsanlage sowie die Prozessintegration und die Qualitätssicherung/Analytik im Mittelpunkt.

2. Stand von Wissenschaft und Technik

Biertreber fällt als Nebenstrom des Brauprozesses in großen, kontinuierlichen Mengen an und stellt mengenmäßig den bedeutendsten Nebenstrom der Brauindustrie dar. In Deutschland fallen jährlich schätzungsweise ca. 2 Mio. t, weltweit sogar ca. 38 Mio. t Biertreber an. Trotz seines hohen Nährstoffgehalts wird Biertreber bislang überwiegend als Futtermittel eingesetzt oder energetisch verwertet. Die damit erzielte Wertschöpfung ist gering und liegt typischerweise im Bereich von -10 bis +30 €/t, abhängig von Region, Trocknungsgrad und logistischer Verwertbarkeit.

Aktuell erfolgt die Nutzung von vermälztem Getreide bzw. Malz (Rohstoff) überwiegend fraktioniert: In der Brauerei wird primär die Stärke des Malzes für den Brauprozess genutzt, während protein- und faserreiche Anteile als Treber (Nebenstrom) anfallen und nur eingeschränkt weiterverwertet werden. Eine gezielte stoffliche Nutzung dieser wertgebenden Fraktionen findet bislang kaum statt, obwohl insbesondere der Proteingehalt ein erhebliches Potenzial für eine höherwertige Nutzung bietet.

Die Zusammensetzung von Biertreber ist gut untersucht. Untersuchungen der Justus-Liebig-Universität Gießen zeigen, dass Biertreber neben einem hohen Faseranteil relevante Mengen an Proteinen, Aminosäuren, Mineralstoffen und weiteren bioaktiven Komponenten enthält.

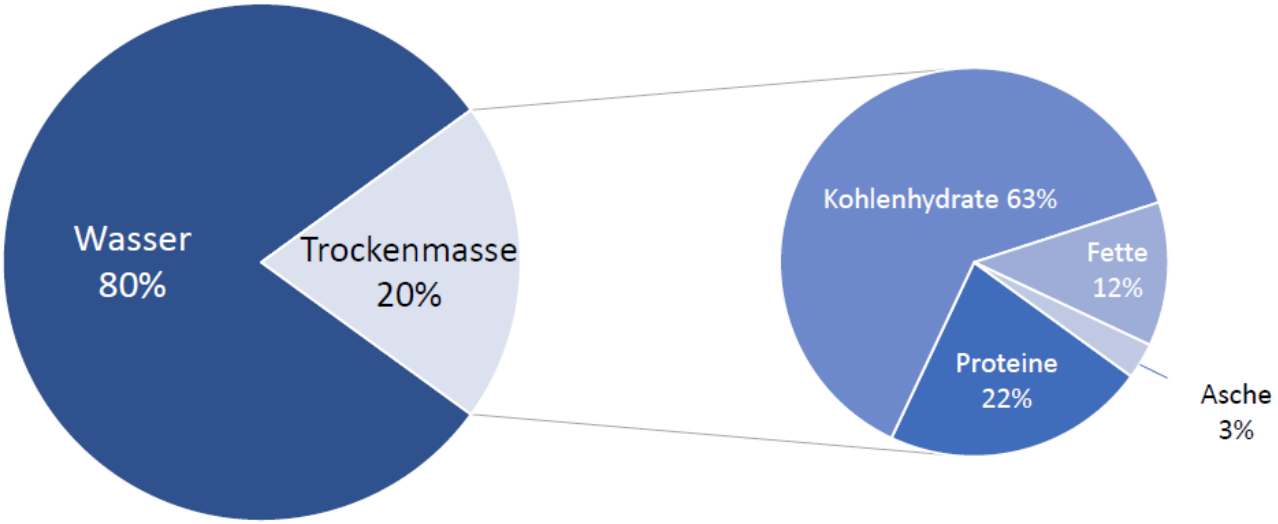

Abbildung 1: Zusammensetzung von Biertreber (Nasstreber und Trockenmasse), eig. Darstellung auf Basis der Daten der AG Zorn, JLU

Grundsätzlich lassen sich zwei unterschiedliche Ansätze im Umgang mit Biertreber unterscheiden: (1) Extraktive Ansätze, bei denen einzelne Inhaltsstoffe wie Proteine, Ballaststoffe oder funktionelle Komponenten durch physikalische oder chemische Verfahren abgetrennt werden, und (2) Aufwertende Ansätze, bei denen der Biertreber als Ganzes oder weitgehend unverändert als Substrat für biotechnologische Prozesse (wie im vorliegenden Projekt) genutzt wird. Extraktive Verfahren sind häufig mit hohem technischem Aufwand, zusätzlichem Energieeinsatz und der Entstehung weiterer Nebenströme verbunden. Demgegenüber zielen aufwertende Verfahren darauf ab, den Nebenstrom möglichst vollständig in höherwertige Produkte zu überführen.

Biotechnologische Verfahren auf Basis mikrobieller Fermentation bieten hierfür grundsätzlich ein hohes Potenzial. Insbesondere Pilzfermentationen ermöglichen es, komplexe pflanzliche Nebenströme in proteinreiche Biomasse umzuwandeln und gleichzeitig funktionelle Eigenschaften zu beeinflussen. In der Praxis fehlt bislang jedoch häufig die direkte Integration solcher Verfahren in bestehende industrielle Prozesse, insbesondere im Umfeld kleiner und mittlerer Unternehmen der Agrar- und Lebensmittelindustrie.

Das Vorhaben adressierte diese Lücke durch die Kombination traditioneller Brauprozesse mit moderner Pilzfermentation sowie dem Ziel einer Inline-Kopplung von Brau- und Fermentationsanlage. Ziel war es, eine technisch robuste, skalierbare und wirtschaftlich attraktive Lösung zu entwickeln, die perspektivisch eine deutlich höhere Wertschöpfung aus Biertreber ermöglicht und damit einen Beitrag zur zirkulären Bioökonomie leistet.

3. Projektorganisation und Arbeitsteilung im Verbund

Die Projektorganisation war durch eine klar strukturierte und eng abgestimmte Arbeitsteilung zwischen wissenschaftlichen, industriellen und technologischen Partnern gekennzeichnet. Ziel war es, die jeweiligen Kernkompetenzen der Partner gezielt zu bündeln und entlang der gesamten Wertschöpfungskette – von der biologischen Grundlagenentwicklung bis zur technischen Demonstration – wirksam einzusetzen.

Die Störtebeker Braumanufaktur GmbH übernahm im Verbund die Rolle des industriellen Anwendungspartners mit Fokus auf die Integration des entwickelten Prozesses in bestehende Brauereistrukturen. Zu den zentralen Aufgaben gehörten die Bereitstellung von Biertreber verschiedenster Qualitäten aus dem laufenden Braubetrieb sowie die Überführung der im Verbund entwickelten biologischen und verfahrenstechnischen Grundlagen in eine brauereitaugliche Prozesskette. Das Anlagen- und Prozessdesign sowie der Aufbau, Betrieb und die Pilotierung der Anlage erfolgten gemeinsam mit dem Industrie- und Technologiepartner TAB – Technologie und Anlagenbau. Darüber hinaus verantwortete Störtebeker die genehmigungsrechtliche Vorbereitung und Abstimmung in Bezug auf die Errichtung und den Betrieb der Anlage sowie den Aufbau von Analytik- und Qualitätssicherungsstrukturen zur Begleitung der Fermentationsprozesse und Versuche.

Die wissenschaftlichen Partner, insbesondere die Justus-Liebig-Universität Gießen, waren primär für das Screening und die Optimierung geeigneter Pilzkulturen, die Entwicklung und Validierung fermentativer Prozessparameter sowie die begleitende analytische Charakterisierung von Substraten, Zwischen- und Endprodukten zuständig. Diese Arbeiten bildeten die Grundlage für die technische Umsetzung und Skalierung des Prozesses im Technikumsumfeld.

Abbildung 2: Ansicht Agar-Platte mit Pilzkultur der JLU für Versuche in Stralsund, Quelle: C. Holzner, Störtebeker Braumanufaktur

Der Industrie- und Technologiepartner TAB – Technologie und Anlagenbau unterstützte den Verbund federführend bei der technischen Konzeption, Auslegung und Umsetzung der Pilot- und Demonstrationsanlage. Dies umfasste insbesondere den Anlagenbau, die Automatisierungs- und Steuerungstechnik, Aspekte der Digitalisierung sowie die Begleitung von Aufbau, Inbetriebnahme, Pilotierung und Betrieb der Anlage in enger Abstimmung mit dem industriellen Anwendungspartner.

Die enge Zusammenarbeit zwischen wissenschaftlichen, industriellen und technologischen Partnern stellte einen kontinuierlichen Wissenstransfer zwischen Labor- und Technikums-/ Demonstrationsmaßstab sicher.

4. Durchführung des Teilvorhabens

4.1 Rohstoffbereitstellung und Charakterisierung

Der im Teilvorhaben eingesetzte Biertreber fiel kontinuierlich als Nebenstrom des laufenden Braubetriebs am Standort Stralsund an und wurde unmittelbar nach dem Läutervorgang für die weiteren Arbeiten bereitgestellt. Durch die direkte Anbindung an den regulären Produktionsprozess konnte ein realitätsnahes Rohstoffprofil unter praxisnahen Bedingungen abgebildet werden.

Zur Sicherstellung einer reproduzierbaren Prozessführung wurden systematische Probenahmen durchgeführt und relevante Rohstoffparameter erfasst. Hierzu zählten insbesondere der Wassergehalt, die Partikelgrößenverteilung sowie hygienisch relevante Kenngrößen. Die analytische Charakterisierung erfolgte sowohl vor Ort als auch in Zusammenarbeit mit dem Verbundpartner Justus-Liebig-Universität Gießen.

Für die Versuche wurden Biertreber unterschiedlicher Rezepturen eingesetzt, darunter Pilsener-, Weizenbier- und Schwarzbier-Treber. Die resultierenden Schwankungen in Zusammensetzung und physikalischen Eigenschaften wurden dokumentiert und bei der weiteren Prozessführung berücksichtigt. Auf diese Weise konnte sowohl die rohstoffbedingte Varianz als auch die Robustheit des fermentativen Ansatzes gegenüber unterschiedlichen Treberqualitäten untersucht und bewertet werden.

Ergänzend wurden Untersuchungen zur qualitätserhaltenden Lagerung von unbehandeltem Biertreber durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass es selbst bei tiefgefrorener Lagerung bzw. kleinsten Störfaktoren innerhalb kurzer Zeit zu messbaren Qualitätsveränderungen, wie z.B. Veränderungen des pH-Werts kam. Diese Beobachtungen unterstreichen die hohe biologische Aktivität des Rohstoffs und verdeutlichen die Bedeutung einer zeitnahen Weiterverarbeitung bzw. einer geeigneten Prozessintegration zur Sicherstellung einer konstanten Ausgangsqualität.

4.2 Substrataufbereitung und Prozessdesign

Auf Basis der im Verbund erzielten Ergebnisse wurde ein Substrataufbereitungs- und Prozesskonzept entwickelt, das eine Inline-Homogenisierung und Anpassung des Biertrebers an die Anforderungen der Fermentation ermöglicht. Ziel war es, den Rohstoff mit möglichst geringem zusätzlichem technischem Aufwand in einen für den fermentativen Prozess geeigneten Zustand zu überführen und dabei vorhandene Brauerei-Infrastruktur bestmöglich zu nutzen.

Ein zentrales Element der Substrataufbereitung war die Einstellung einer geeigneten Partikelgröße. Diese beeinflusst nicht nur funktionale Aspekte der Fermentation und die Prozessstabilität, sondern auch die sensorischen Eigenschaften des entstehenden Endprodukts, insbesondere Textur, Mundgefühl und wahrnehmbare Reststrukturen. Darüber hinaus ist die Partikelgröße von wesentlicher Bedeutung für die wirksame Sterilisation des Substrats im Vorfeld der Fermentation, da sie die Durchdringung des Materials während der thermischen Behandlung maßgeblich beeinflusst. Im Rahmen der Arbeiten wurde daher ein funktionaler „Sweet Spot“ identifiziert, der eine ausreichende hygienische Sicherheit bei gleichzeitig günstigen Bedingungen für Fermentation und Produkteigenschaften ermöglicht.

Der Substrataufbereitungsprozess folgt einer klar definierten Prozesslogik, bestehend aus den Schritten Zerkleinerung, Sterilisation und Abkühlung, bevor der Fermentationsprozess als solches durch Inokulation initiiert wird. Diese Abfolge wurde hinsichtlich ihrer technischen Umsetzbarkeit, hygienischen Sicherheit und Kompatibilität mit einem späteren industriellen Betrieb untersucht und bewertet.

Darüber hinaus wurden Anforderungen an das Hygienedesign, die CIP-Fähigkeit sowie an die Prozess- und Betriebssicherheit systematisch in das Prozessdesign integriert. Diese Aspekte waren insbesondere mit Blick auf einen potenziellen Dauerbetrieb im industriellen Umfeld von Bedeutung.

Im Rahmen der Arbeiten wurden unterschiedliche Zerkleinerungsmethoden sowie thermische Behandlungsverfahren des Biertrebers untersucht und deren Einfluss auf das Fermentationsverhalten sowie auf die sensorische Ausprägung des Endprodukts bewertet. Auf diese Weise konnten belastbare Erkenntnisse darüber gewonnen werden, welche Technologien hinsichtlich Funktionalität, technisch-technologischem Ergebnis und Wirtschaftlichkeit für den Gesamtprozess geeignet sind.

4.3 Anlagenkonzeption und Aufbau

Auf Grundlage des in Abschnitt 4.2 beschriebenen Substrataufbereitungs- und Prozessdesigns wurde die Anlagen- und Prozesskonzeption für die fermentative Umwandlung von Biertreber in Pilzmyzel

ausgearbeitet. Die Konzeption erfolgte gemeinsam durch die Störtebeker Braumanufaktur GmbH und den Industrie- und Technologiepartner TAB – Technologie und Anlagenbau und wurde gezielt auf die Rahmenbedingungen des Brauereistandorts Stralsund abgestimmt.

Die Anlagenkonzeption sah den Aufbau einer Pilot- und Demonstrationsanlage im Technikumsmaßstab vor, bestehend aus Fermentationssystemen im 50-L- und 500-L-Maßstab. Diese Maßstabswahl ermöglichte sowohl eine systematische Erprobung des Prozesses unter praxisnahen Bedingungen als auch eine belastbare Bewertung der Skalierbarkeit.

Abbildung 3: Ansicht Pilot- & Demonstrationsanlage,
Quelle: C. Holzner, Störtebeker Braumanufaktur

Neben den Fermentationssystemen umfasste die Konzeption die erforderlichen Peripheriesysteme zur Medienversorgung, Prozessüberwachung und Produktgewinnung. Die Produktabtrennung wurde als konzeptioneller Bestandteil der Anlage berücksichtigt und gegen Projektende in ersten Versuchen erprobt. Ergänzend wurde ein CIP-Modul in die Anlagenkonzeption integriert, um eine reproduzierbare und hygienisch sichere Prozessführung zu ermöglichen.

Die Anlage wurde modular ausgelegt. Vorgesehen waren Medienmodule zur Versorgung mit Dampf, Sterilluft, UV-behandeltem (Steril-) Wasser, Brauch- und Heißwasser sowie zur Handhabung von Kondensat und Abluft. Weiterhin wurden die durch die Fermentation mikrobiologisch belasteten Abwasserströme separat abgeleitet. Diese modulare Struktur ermöglichte eine flexible Anpassung an unterschiedliche Versuchsszenarien und bildete zugleich die Grundlage für spätere Skalierungs- und Transferüberlegungen.

Die Anlagenkonzeption beinhaltete zudem ein Automatisierungskonzept, das zum Projektende einen halbautomatischen Betrieb der Anlage vorsah. Dabei wurden Anforderungen an Prozessstabilität, Bedienbarkeit und Betriebssicherheit berücksichtigt, ohne die Flexibilität für Versuchsanpassungen einzuschränken.

Ziel der Anlagen- und Prozesskonzeption war die Entwicklung eines technisch schlüssigen, modularen und betrieblich handhabbaren Gesamtsystems, das eine praxisnahe Erprobung des fermentativen Ansatzes unter realistischen industriellen Bedingungen erlaubt und als Grundlage für weiterführende Entwicklungs- und Skalierungsschritte dient.

Abbildung 4: Ansicht CIP-Modul, Quelle: C. Holzner, Störtebeker Braumanufaktur

Abbildung 5/6: Ansicht Medienaufbereitung-/Versorgung, Quelle: C. Holzner, Störtebeker Braumanufaktur

4.4 Genehmigungsplanung und Betrieb

Die Aufstellung und der Betrieb der Pilot- und Demonstrationsanlage erfolgten auf Grundlage einer Anzeige nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) in enger Abstimmung mit den zuständigen Behörden. Durch den Pilotstatus konnte eine Einstufung als größeres genehmigungspflichtiges Verfahren vermieden werden.

Die frühzeitige Berücksichtigung genehmigungsrechtlicher Aspekte trug wesentlich zu einem sicheren und störungsfreien Betrieb bei.

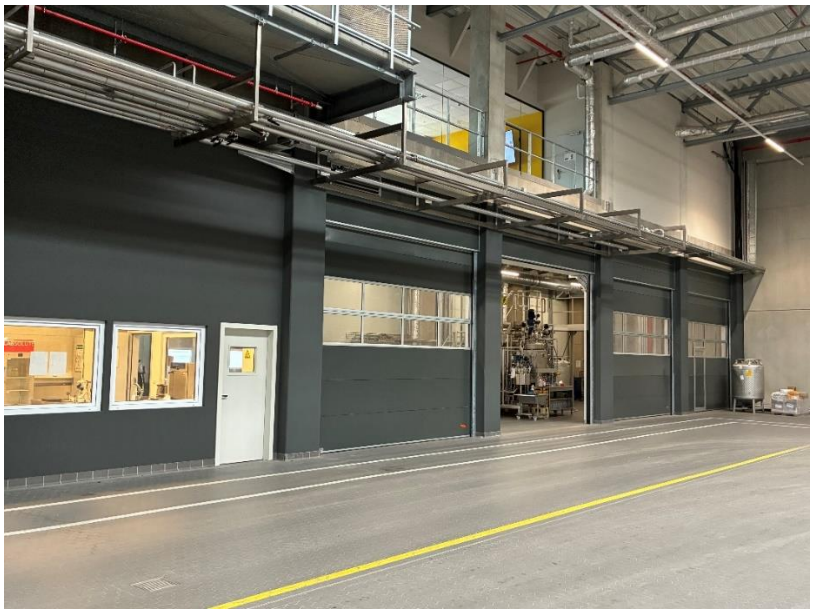

Abbildung 6: Aussenansicht Nasstechnikum, Quelle: C. Holzner, Störtebeker Braumanufaktur

4.5 Erprobung, Betrieb und Upscaling

Die Erprobung des Gesamtprozesses erfolgte schrittweise im 50-L- und 500-L-Maßstab. Ziel war die Bewertung von Prozessstabilität, Reproduzierbarkeit und Integrationsfähigkeit im Brauereiumfeld unter praxisnahen Bedingungen.

Eine ursprünglich geplante Skalierung auf 5.000 L wurde zugunsten einer vertieften Optimierung des 500-L-Maßstabs bewusst zurückgestellt, um innerhalb der Projektlaufzeit aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen. Dadurch konnten zentrale Fragestellungen zur Prozessführung, Betriebssicherheit und Robustheit gezielt adressiert und solide Grundlagen für weiterführende Skalierungsschritte geschaffen werden. Eine spätere Ergänzung des ursprünglich geplanten 5.000-L-Behälters bleibt vorbehalten.

4.6 Qualität und Analytik

Begleitend zur Entwicklung, Erprobung und Optimierung des fermentativen Prozesses wurden umfassende Maßnahmen zur Qualitätssicherung und Analytik etabliert. Ziel war es, die Prozessführung reproduzierbar zu gestalten, die Qualität der eingesetzten Rohstoffe sowie der entstehenden Zwischen- und Endprodukte systematisch zu erfassen und eine belastbare Datengrundlage für die Bewertung der Versuchsergebnisse zu schaffen.

Hierzu wurden am Standort Stralsund Analytik- und Qualitätssicherungsstrukturen aufgebaut, einschließlich der Einrichtung eines eigenen Technikums-Labors. Dieses ermöglichte die zeitnahe Untersuchung relevanter Prozessparameter und Produkteigenschaften im direkten Umfeld der Pilot- und Demonstrationsanlage. Die Analytik umfasste unter anderem rohstoffbezogene Kenngrößen, prozessrelevante Parameter sowie ausgewählte qualitäts- und hygienerelevante Kriterien.

Abbildung 7: Innenansicht Labor Nasstechnikum, Quelle: C. Holzner, Störtebeker Braumanufaktur

Ein wesentlicher Bestandteil der Arbeiten war der Wissenstransfer vom wissenschaftlichen Partner Justus-Liebig-Universität Gießen sowie aber auch vom ZELT Neubrandenburg an den Standort Stralsund. Dieser umfasste die Übertragung analytischer Methoden, Probenahme- und Auswertungsprotokolle sowie die Etablierung standardisierter Arbeitsabläufe (SOPs) zur Begleitung der Fermentationsversuche. Dadurch konnten wissenschaftlich entwickelte Analyseansätze in den Technikumsbetrieb überführt und praxisnah angewendet werden.

Ergänzend wurde ein Sensorikpanel aufgebaut, das zur prozessbegleitenden Bewertung von Rohstoffen, Zwischenprodukten, Nebenströmen und Endprodukten des Brau- und

Fermentationsprozesses eingesetzt wurde. Die sensorischen Untersuchungen dienten der strukturierten Erfassung relevanter sensorischer Merkmale, insbesondere in Bezug auf Textur, Struktur, Geruch und wahrnehmbare Produkteigenschaften. In das Panel einbezogen wurden alle Materialien, die potenziell als Substrat für den Fermentationsprozess oder als Endprodukt der fermentativen Umwandlung in Frage kommen.

Die Ergebnisse der sensorischen Bewertung wurden ergänzend zur technischen Analytik genutzt, um Zusammenhänge zwischen Substrataufbereitung, Prozessführung und Produkteigenschaften zu identifizieren und gezielt in die Prozessoptimierung einfließen zu lassen.

5. Abweichungen von der ursprünglichen Planung und Learnings

Abweichungen von der ursprünglichen Planung ergaben sich insbesondere im Bereich der Skalierung sowie des Zeitplans. Ursachen waren unter anderem verzögerte Lieferketten, insbesondere im Zusammenhang mit dem Bau und der Inbetriebnahme des 500-L-Fermenters, sowie die eingeschränkte Verfügbarkeit einzelner externer Dienstleister infolge der verschobenen Projektzeitplanung. Darüber hinaus konnte das Projekt aufgrund eines verzögert beschlossenen Bundeshaushalts erst mit zeitlichem Verzug gestartet werden; zum Projektende wurde eine beantragte, budgetneutrale Projektverlängerung nicht gewährt.

Vor diesem Hintergrund wurden Anpassungen in der Projektumsetzung vorgenommen. Eine ursprünglich vorgesehene Skalierung auf größere Volumina (5000 l) wurde zugunsten einer vertieften Optimierung des Demonstrationsmaßstabs bis 500 l zurückgestellt. Diese Fokussierung ermöglichte es, innerhalb der Projektlaufzeit zentrale Fragestellungen zur Prozessführung, Betriebssicherheit und Robustheit systematisch und soweit wie möglich zu bearbeiten.

Im Projektverlauf zeigten sich zudem deutliche Weiterentwicklungen und zusätzliche Anforderungen gegenüber dem Projektplan aus der Antragsphase, die sich aus den gewonnenen praktischen Erkenntnissen ergaben. Insbesondere die Übertragung von Konzepten und Prozessen aus dem Laborumfeld in den Pilotmaßstab erwies sich als anspruchsvoller als ursprünglich angenommen und erforderte iterative Anpassungen in Prozessdesign, Anlagenkonzeption und Betriebsweise.

Die im Rahmen dieser Anpassungen gewonnenen Erkenntnisse stellen einen wesentlichen Mehrwert des Vorhabens dar und bilden eine belastbare Grundlage für künftige Weiterentwicklungen mit dem Ziel einer industriellen Umsetzung.

6. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die wesentlichen Kostenpositionen entfielen auf Personalkosten, Aufwendungen für die Errichtung der Pilot- und Demonstrationsanlage bzw. deren Anschluss vor Ort, einschließlich Modulen für die Medienaufbereitung und die CIP-Reinigung, Dienstleistungen sowie Analytik- und Qualitätssicherungsmaßnahmen.

Die Mittelverwendung erfolgte zweckentsprechend und im Einklang mit dem genehmigten Finanzierungsplan. Das bewilligte Budget wurde nicht vollständig ausgeschöpft, da eine beantragte Projektverlängerung nicht gewährt wurde und infolgedessen einzelne, im Projektplan vorgesehene Arbeitspakete – insbesondere im Bereich der weiterführenden Erprobung und Optimierung der Prozesse – nicht mehr innerhalb der Projektlaufzeit umgesetzt werden konnten.

7. Ergebnisse, Verwertung und Schutzrechte

Im Rahmen des Teilvorhabens konnten wesentliche technische, organisatorische und strukturelle Ergebnisse erzielt werden, die die fermentative Aufwertung von Biertreber im industriellen Umfeld demonstrieren und eine belastbare Grundlage für weiterführende Entwicklungs- und Verwertungsschritte mit Perspektive einer mittelfristigen Kommerzialisierung darstellen.

Zentrales Ergebnis ist die Entwicklung, Konzeption und Erprobung einer brauereitauglichen Prozesskette zur fermentativen Umwandlung von Biertreber in proteinreiche Pilzbiomasse. Auf Basis der im Verbund erarbeiteten biologischen und verfahrenstechnischen Grundlagen wurde eine Pilot- und Demonstrationsanlage realisiert, die eine praxisnahe Abbildung der Prozessschritte von der Rohstoffbereitstellung über Substrataufbereitung und Fermentation bis hin zu nachgelagerten Prozessstufen ermöglicht. Der Prozess wurde im Technikumsmaßstab erfolgreich im 50-L- und 500-L-Maßstab erprobt. Dabei konnten belastbare Erkenntnisse zur Prozessstabilität, Reproduzierbarkeit, Rohstoffvarianz sowie zur Integrationsfähigkeit in bestehende Brauereistrukturen gewonnen werden.

Die im Teilvorhaben erzielten Ergebnisse schufen im Verbund die technisch-prozessuale Grundlage für weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten anderer Bündnispartner, unter anderem im Kontext lebensmittelbezogener Anwendungen. Aufgrund der erst gegen Projektende erfolgten Inbetriebnahme der Pilot- und Demonstrationsanlage konnte innerhalb der Projektlaufzeit jedoch kein fermentativ erzeugtes Material an andere Partner übergeben werden.

Die im Projekt erzielten Ergebnisse bildeten zudem die Grundlage für die Ausgründung der EAT BEER Biotech GmbH als eigenständige Verwertungseinheit. Ziel der Ausgründung ist die weitere

Entwicklung, Skalierung und perspektivische wirtschaftliche Nutzung der im Projekt entwickelten technologischen Konzepte. Die Ausgründung stellt einen wesentlichen Transferpfad der im Verbund erarbeiteten Ergebnisse dar und erfolgt außerhalb des geförderten Vorhabens.

Im Umfeld des Projekts wurden mehrere nationale und internationale Patentanmeldungen initiiert. Diese betreffen insbesondere modulare und containerbasierte Anlagenkonzepte, die Inline-Kopplung von Brau- und Fermentationsprozessen sowie verfahrens- und produktbezogene Aspekte der Myzelherstellung, insbesondere auf Basis des Nebenstroms Biertreber. Die Schutzrechte dienen der Absicherung der im Projekt entwickelten technischen Lösungen und schaffen die Grundlage für weiterführende Entwicklungs- und Verwertungsaktivitäten. Ein Patent befindet sich zum Zeitpunkt dieses Berichts in der Erteilung.

8. Zusammenarbeit, Transfer und Außenwirkung

Die Projektergebnisse wurden während und nach der Projektlaufzeit in Fachmedien der Brau-, Lebensmittel- und Proteinwirtschaft sowie im Rahmen von Branchenveranstaltungen und auch zwei bündniseigenen Konferenzen kommuniziert. Die Aktivitäten dienten der fachlichen Information von Wissenschaft, Industrie und interessierter Fachöffentlichkeit über die im Vorhaben erzielten Ergebnisse.

Die Resonanz aus den angesprochenen Zielgruppen unterstreicht den Modellcharakter des entwickelten Ansatzes und dessen Relevanz im Kontext einer zirkulären Bioökonomie.

9. Fazit und Ausblick

Das Teilvorhaben leistete einen wesentlichen Beitrag zur Demonstration einer zirkulären Wertschöpfung aus Biertreber in einem Technikums-Umfeld. Die im Projekt geschaffenen technischen, organisatorischen und genehmigungsrechtlichen Grundlagen ermöglichen eine weitergehende Nutzung der Pilot- und Demonstrationsanlage zur fortgesetzten Erforschung und Weiterentwicklung von Prozess- und Anlagendesign mit dem mittelfristigen Ziel einer Kommerzialisierung.

Zwischen der Störtebeker Braumanufaktur GmbH und dem Industrie- und Technologiepartner TAB – Technologie und Anlagenbau besteht ein gemeinsames Committent zum Verbleib der Pilot- und Demonstrationsanlage am Standort Stralsund und zu deren weiterer gemeinsamer Nutzung im Sinne von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Dadurch bleibt die im Projekt aufgebaute Infrastruktur für nachfolgende Untersuchungen und Optimierungen verfügbar.

Aufbauend auf den im Vorhaben erzielten Ergebnissen sind weitere Arbeiten vorgesehen, unter anderem im Rahmen des Projekts „MaltFungiScale“, das ab 02/2026 an die gewonnenen Erkenntnisse anknüpfen soll. Die im Teilvorhaben erarbeiteten Ergebnisse bilden hierfür eine belastbare Ausgangsbasis.

10. Abschlusserklärung

Die im vorliegenden Schlussbericht gemachten Angaben sind vollständig und nach bestem Wissen und Gewissen richtig. Der Bericht gibt die Durchführung des Teilvorhabens sowie die erzielten Ergebnisse wahrheitsgemäß und nachvollziehbar wieder.