

SCHLUSSBERICHT ¹

Zeichen:	105-29310-78/2022
Zuwendungsempfänger:	Hochschule Hannover
Thema (Akronym):	SpaPlast
Laufzeit des Vorhabens:	01.06.2022 – 31.10.2023
Berichtszeitraum²:	01.06.2022 – 31.10.2023

Projekt:

Untersuchung der Aufbereitung und Nutzbarmachung von Spargelsekundärprodukten für biobasierte Extrusionshalbzeuge (und Reduzierung des Stickstoffeintrags in die Umwelt) - SpaPlast

Zuwendung des Landes Niedersachsen zum Gesellschaftsvertrag Landwirtschaft.Ernährung.Zukunft

Maßnahmenpaket Stadt.Land.ZUKUNFT

„Wirtschaftsförderfonds – Ökologischer Bereich“ „Landesstrategie Biologisierung“

Inhaltsverzeichnis

1.	Projekt-Kurzbeschreibung.....	3
2.	Zielefragen der SpaPlast Sondierungsphase.....	3
3.	Ergebnisse	4
i.	Recherche zur Verfügbarkeit von Spargelsekundärrohstoffen in Deutschland:.....	4
ii.	Aufbereitung der Spargelsekundärrohstoffe (kleiner Maßstab):.....	5
iii.	Extrusionstechnische Verarbeitung:.....	8
iv.	Spritzgießtechnische Verarbeitung der spargelbasierten Compounds:.....	10
v.	Materialcharakterisierung der biobasierten Spargel-Composite:.....	10
vi.	Logistik, Trocknung, Scale-Up:	11
vii.	Optimierung der Versuchsreihen:	12
viii.	Nachhaltigkeitsbewertung:	13
ix.	Veröffentlichungen:	13
	Neues Forschungsprojekt: Spargelschalen im Einsatz für eine kreislauforientierte Bioökonomie	13
	Spargelschalen für neue Bodenbeläge nutzen	13
	Spargelschalen für Kunststoffe: IfBB zeigt neuen Bioverbundwerkstoff auf der Agritechnica 2023.....	14
4.	Fortschreibung des Verwertungsplans.....	14
x.	Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen	14
xi.	Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende	14
xii.	Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende	15
xiii.	Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit.....	15
5.	Quellen:	15
	Abbildung 1: Spargelschalen in Schälmaschine (links) und zwischengelagert in Gefriertruhe (rechts)	5
	Abbildung 2: „Feldröste“ von Spargelschalen (am IfBB)	5
	Abbildung 3: Ofentrocknung von Spargelschalen (am IfBB)	6
	Abbildung 4: Vermahlung mittels Zentrifugalmühle und 1 mm Ringsieb (links) und 0,1 mm Ringsieb (rechts) (am IfBB)	7
	Abbildung 5: Faser-/Partikelanalyse Zentrifugalmühle 1 mm Ringsieb (am IfBB)	8
	Abbildung 6: Faser-/Partikelanalyse Zentrifugalmühle 0,1 mm Ringsieb (am IfBB)	8
	Abbildung 7: Herstellung von Spargelcompounds mittels Extruder	9
	Abbildung 8: Herstellung von Spargel-Normprüfkörper mittels Spritzguss	10
	Abbildung 9: Materialkennwerte Spargelcompound vs WPC	11
	Abbildung 10: Scale-Up Szenario	12
	Tabelle 1: Welche Mengen an Spargelsekundärstoffen stehen in Deutschland zur Verfügung.....	4
	Tabelle 2: Empfohlene Trocknungsparameter für Spargelschalen	6
	Tabelle 3: Max. Lagerungsdauern von Spargelreststoffen für die Aufbereitung für technische Anwendungen.....	6
	Tabelle 4: Überblick Veröffentlichungen.....	13

1. Projekt-Kurzbeschreibung

In der Spargelernte fallen große Mengen bislang ungenutzter Reststoffe in Form von Schälresten und weiteren Produktionsausschüssen an. Das Projekt *SpaPlast* zielt darauf ab, dessen ökologische und verfahrenstechnische Eignung für die Herstellung von Biokunststoffen zu evaluieren. In der ersten Projektphase soll insbesondere geprüft werden, inwieweit Spargelschälreste den Holzanteil in Wood-Plastic-Composites ersetzen können. Folgende ökologische und wirtschaftliche Potentiale sind dabei möglich:

- Förderung einer reststoffbasierten Kreislaufwirtschaft mit Pionierfunktion zur Nachahmung in anderen Bereichen.
- Verminderung des Holzbedarfs in der WPC-Produktion, damit forst- und marktwirtschaftliche Entlastung.
- Reduzierung der Notwendigkeit für rein technisch genutzte bzw. in Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion stehende Flächen.
- Innovationsimpuls und Standortstärkung für die hiesige Kunststoffindustrie
- Neue Absatzwege für die Landwirtschaft.
- (Vermeidung von zusätzlichem Stickstoffeintrag bzw. Eutrophierung, weil keine in der Düngerechnung schwer kalkulierbare Schälreste mehr auf dem Feld ausgebracht werden.)

2. Zielefragen der SpaPlast Sondierungsphase

- Welche Mengen an Spargelsekundärstoffen stehen in Deutschland zur Verfügung
- Wie müssen die Spargelsekundärstoffen aufbereitet werden um sie auf dem Zielmarkt anbieten zu können:
 - Trocknung bzw. Restfeuchtegehalt
 - Schimmelneigung
 - Siebung/Vermahlung
 - Faser-/Partikelanalyse des Mahlgutes
- Wie ist die extrusionstechnische Verarbeitbarkeit bzw. das Verarbeitungsfenster
- Welche technischen Eigenschaften haben die erzeugten biobasierten Spargel-Composite
- Ist die Erzeugung eines Demonstrators zur Verifizierung der potenziellen industriellen Nutzung im anvisierten Zielmarkt möglich

3. Ergebnisse

i. Recherche zur Verfügbarkeit von Spargelsekundärrohstoffen in Deutschland

Um die potenziell verfügbaren Mengen an Spargelsekundärrohstoffen zu eruieren, wurden verschiedene Spargelhöfe kontaktiert. Abgefragt wurde u.A. die Jahresmenge an produziertem Spargel und die geschätzte Menge an anfallendem bzw. verfügbarem Spargelsekundärrohstoff. Darüber hinaus wurde das Interesse und die Bereitschaft erfragt, die Spargelreststoffe im Rahmen des Projektes und darüber hinaus, für ein Wertstoffliches Konzept zur Verfügung zu stellen.

In Deutschland gibt es ca. 1630 [1] Betriebe die Spargel anbauen. Die im Rahmen des Projektes angefragten Spargelhöfe stammen alle aus Niedersachsen, welches zu den vier größten Spargel produzierenden Bundesländern Deutschlands gehört. Aktuell werden die Spargelreststoffe in den Betrieben, unter zusätzlichem Logistikaufwand, i.d.R. ohne nennenswerten Zusatznutzen, auf dem Feld ausgebracht. Alle angefragten Betriebe waren daran interessiert ihre Spargelreststoffe zur Verfügung zu stellen. Die Bereitstellung des Reststoffes wurde daher zunächst unentgeltlich in Aussicht gestellt. Für mögliche wirtschaftliche Zukunftsszenarien wird eine „Win-Win-Situation“ angestrebt, in der aus dem Reststoff durch die Aufarbeitung ein Rohstoff wird, für den eine aktuell noch nicht kalkulierbare Summe erhoben werden kann. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Rechercheergebnisse zu den relevanten unterschiedlichen Mengen.

Tabelle 1: Welche Mengen an Spargelsekundärstoffen stehen in Deutschland zur Verfügung

Produktionsmenge Spargel (DE)	Erwartete Reststoffmenge	Erwartete Trockenmasse
ca. 150.000 t/a (in DE)	ca. 50.000 t/a (DE)	ca. 5.000 t/a (DE)
ca. 50.000 t/a (Import)	ca. 5.000 t/a (Nds.)	ca. 2 t/a (je Betrieb)
ca. 90 t/a (je Betrieb)	ca. 20 t/a (je Betrieb*)	
Summe: ca. 200.000 t/a (DE)		

*: Die Größe der Betriebe und somit auch die jeweiligen Mengen variieren z.T. sehr Stark

Zur Abklärung der Rechtslage bzgl. der Projekthinhalte wurde eine Patentrecherche durchgeführt. Vergleichbare Vorhaben wurden über das Deutsche Patent- und Markenamt, Europäische Patentamt und die Word Intellectual Property Organization (Abfragesprache deutsch und englisch) nicht gefunden. Forschungen zu Spargel aus dem technischen Bereich beziehen sich lediglich auf das automatisierte Stechen, Ernten, Waschen, Sortieren und Schälen von Spargelstangen und haben bislang keinen Bezug zu Kunststoffen.

Für die Aufbereitung der Spargelsekundärstoffe im Projektrahmen wurden Spargelschälreste (ca. 250 kg bzw. 1.500 L) von einem Nähe Hannover ansässigen Spargelhof beschafft. Die Spargelschalen wurden bis zur Aufbereitung am IfBB in Gefriertruhen zwischengelagert.



Abbildung 1: Spargelschalen in Schälmaschine (links) und zwischengelagert in Gefriertruhe (rechts)

ii. Aufbereitung der Spargelsekundärrohstoffe (kleiner Maßstab)

Trocknung bzw. Restfeuchtegehalt

Trockene Spargelfasern sind Grundvoraussetzung für die Lagerfähigkeit und Nachnutzung nach der Aufbereitung. Für die Trocknung wurden zwei Ansätze verfolgt. Zum einen wurde eine potenziell energiearme Trocknung in Anlehnung an die Feldröste bei Hanf getestet, zum anderen erfolgte eine Trocknung im Ofen, bei der auch die optimalen Trocknungsparameter ermittelt werden sollten.

Die „Feldröste“ birgt bei Spargelschälresten mehrere Probleme. Die Spargelschalen sind im Vergleich zu Hanffasern kurz und unverzweigt. Dadurch sind sie sehr windanfällig und verwehen schnell. Zudem besitzen sie nach dem Schälvorgang einen sehr hohen Wassergehalt von ca. 90 %. Dies führt dazu, dass sie möglichst agglomeratfrei, also nicht aufgehäuft, liegen müssen, um nicht zu schimmeln und möglichst zügig zu trocknen. Auch der maximal mögliche Trocknungsgehalt konnte wetterbedingt in unseren Versuchen nicht unter 10 wt% gebracht werden. Das Trocknen größerer Mengen wurde abgebrochen, da die Probleme bei dieser Methode überwogen haben.



Abbildung 2: „Feldröste“ von Spargelschalen (am IfBB)

Eine Trocknung im Ofen war unproblematisch. Die Spargelschalen konnten auf einen Restfeuchtegehalt von deutlich < 10 wt% gebracht werden. Die effizienteste und schonenste Trocknung erfolgte bei den Parametern 6 h und 80 °C. Höhere Temperaturen haben zu einer thermischen Überbeanspruchung und

zu Dunkelfärbungen der Spargelschalen geführt. Für industrielle Aufbereitungskonzepte sollte jedoch eine energieeffizientere Methode eingesetzt werden. Möglich wäre die Abwärme von Biogasanlagen zu nutzen oder ein Vorentfeuchten mittels Strangpresse.



Abbildung 3: Ofentrocknung von Spargelschalen (am IfBB)

Zusammenfassend lassen sich die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Parameter für eine optimale Trocknung von Spargelfasern im Ofen festhalten.

Tabelle 2: Empfohlene Trocknungsparameter für Spargelschalen

Roh-/Reststofftyp	Temperatur	Dauer	Feuchtegehalt
Schale	80°C	6 Stunden	< 10 wt%
Stange	80°C	12 Stunden	ca. 10 wt%

Damit die Spargelreststoffe nicht anfangen zu silieren bzw. zu schimmeln, ist es essentiell sie zeitnah nach dem Schälvorgang zu trocknen. Eine Zwischenlagerung ist jedoch bedingt möglich und für ein Logistikkonzept, welches nicht auf täglicher Basis erfolgt, um Kosten zu sparen, von hoher Bedeutung. Im Rahmen des Projektes sind diesbezüglich daher folgende Empfehlungen entstanden.

Schimmelneigung

Spargelschälreste weisen einen hohen Feuchtegehalt von ca. 90 wt% auf. Ohne das Ergreifen von Maßnahmen zur Verhinderung/Minderung von Schimmelbildung, beginnen die Schälreste, witterungsabhängig, bereits nach 2-3 Tagen zu silieren bzw. zu schimmeln. Dieser Prozess ist für eine nachgelagerte technische Aufbereitung unbedingt zu vermeiden, da ansonsten die Rohstoffqualität und Verarbeitbarkeit gravierend gestört wird. Die Ergebnisse der Erzeugerbefragungen und aus den Labortests sind in Tabelle 3: Max. Lagerungsdauern von Spargelreststoffen für die Aufbereitung für technische Anwendungeingeflossen.

Tabelle 3: Max. Lagerungsdauern von Spargelreststoffen für die Aufbereitung für technische Anwendungen

Lagerungsart	Roh-/Reststofftyp	Max. Lagerungsdauer
Gefriertruhe (-10 bis -20 °C)	Schale und Stange	Potenziell dauerhaft
Kühlhaus (6 bis 8 °C)	Schale und Stange	4 Tage
Ungekühlt	Schale und Stange	1 Tag
Getrocknet (< 10 % Feuchtigkeit)	Schale	Potenziell dauerhaft

Siebung/Vermahlung

Für eine technische Nachnutzung der Spargelschälreste in extrusionstechnischen Anwendungen, wie z.B. dem anvisierten WPC (Wood-Plastic-Composite) Markt oder im Spritzguss mit Kurzfaserverbundwerkstoffen, müssen die getrockneten Spargelschälreste vermahlen und fraktioniert werden. Die Eignung des Materials mittels Trocknung, Vermahlung, Siebung etc. verarbeitet zu werden, konnte im Projekt belegt werden. Die getrockneten Spargelfasern haben einen eher spröden Charakter, was eine problemlose Vermahlung begünstigt. Am IfBB wurde eine Zentrifugalmühle verwendet. Zum Einsatz kamen zwei unterschiedliche Siebe, da unterschiedliche Feinheitsgrade erzielt werden sollten. Für die „Grobfraktion“ wurde ein 1 mm Ringaufsatz verwendet und für die „Feinfraktion“ ein 0,1 mm Ringaufsatz. Die erzielten Ergebnisse sind im folgenden Abschnitt aufgeführt.



Abbildung 4: Vermahlung mittels Zentrifugalmühle und 1 mm Ringsieb (links) und 0,1 mm Ringsieb (rechts) (am IfBB)

Faser-/Partikelanalyse des Mahlgutes

Wie im Abschnitt Siebung/Vermahlung beschrieben, kamen zwei Ringsiebe mit unterschiedlichen Feinheiten in der Zentrifugalmühle zum Einsatz. Die erzielten Spargelfaser-Feinheitsgrade wurden anschließend mit einem optischen Analyse-System (Fibreshape / Powdershape) der Firma IST-AG untersucht. Dabei werden mittels eines speziellen Flachbettscanners hochauflösende Bilder der Siebfraction erstellt und anschließend in der Software ausgewertet. Als Ergebnis wird u.A. die durchschnittliche Länge, Dicke und auch eine Verteilungskurve generiert. Für die Spargelfractionen konnten mit den verwendeten Methoden Faser/Partikelgrößen von 400 – 800 μm erzielt werden. Die folgenden Abbildungen zeigen Auszüge der Methode und des Ergebnisses für beide Fraktionen.

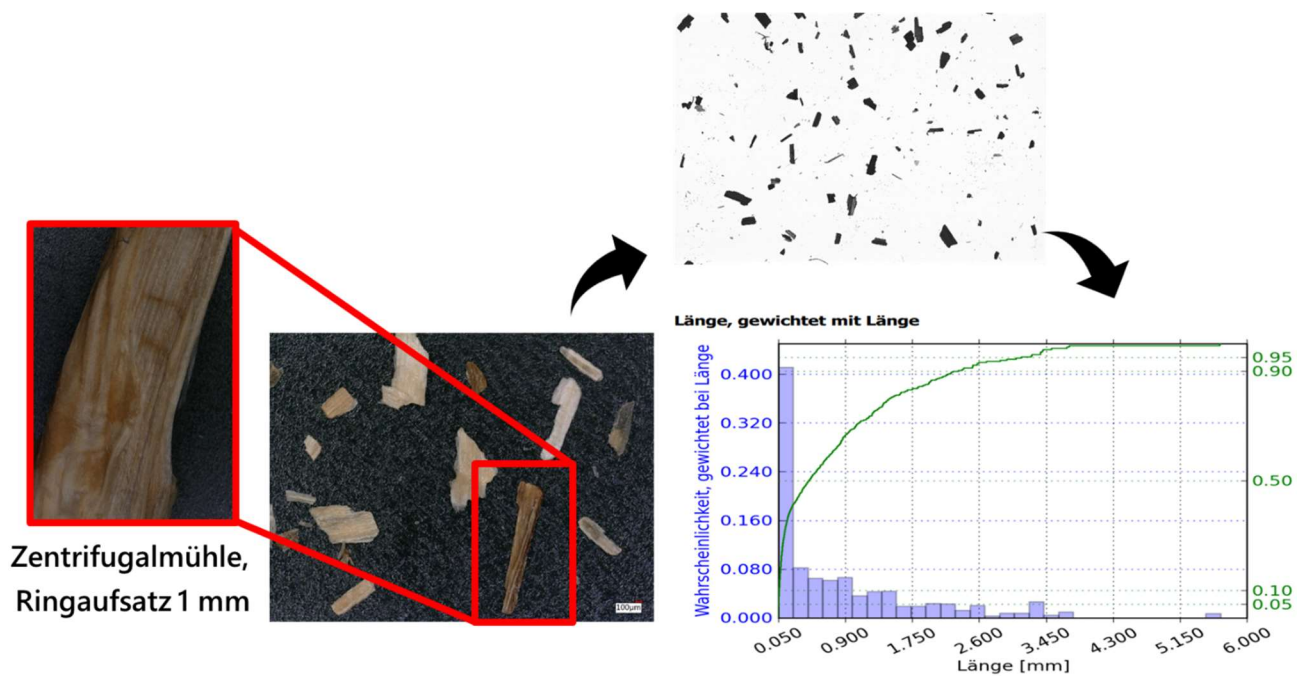


Abbildung 5: Faser-/Partikelanalyse Zentrifugalmühle 1 mm Ringsieb (am IfBB)

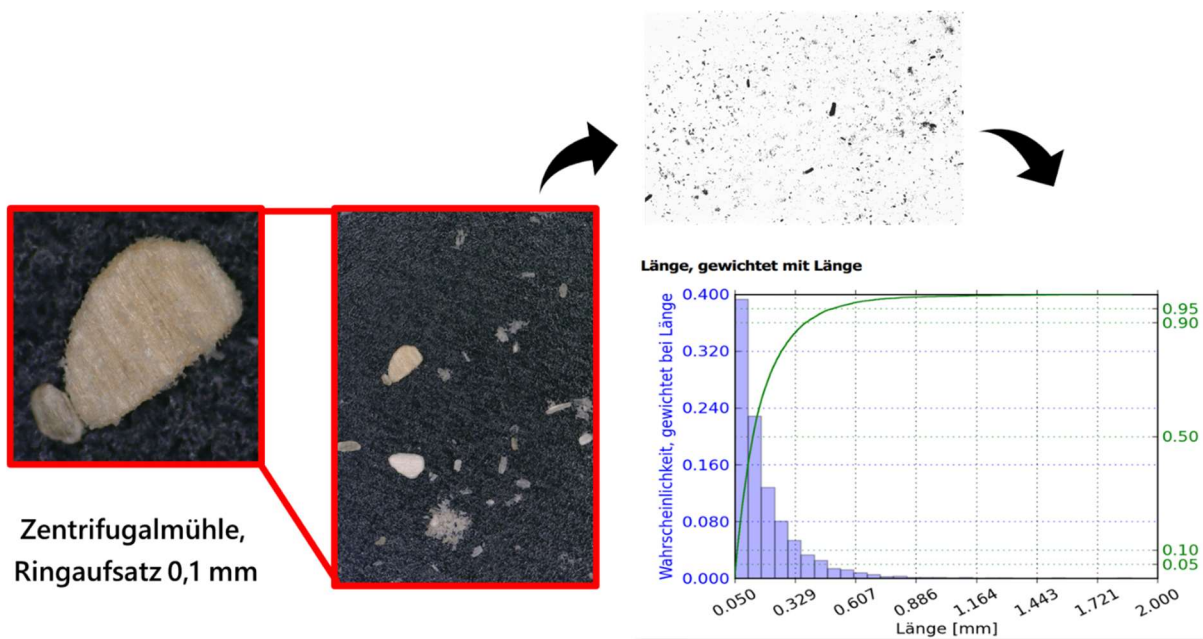


Abbildung 6: Faser-/Partikelanalyse Zentrifugalmühle 0,1 mm Ringsieb (am IfBB)

iii. Extrusionstechnische Verarbeitung

Die extrusionstechnische Verarbeitung der vermahlenden Spargelfasern diente der Compoundherstellung (Mischung aus Kunststoff und Spargelfasern). Bei dieser Versuchsreihe sollte die Verarbeitbarkeit der Spargelfasern mit dem Extruder getestet werden und es sollten Referenzmaterialien hergestellt werden, die einen Vergleich mit etablierten und herkömmlichen Materialien ermöglichen. So kann die Eignung für verschiedene Zielmärkte abgeschätzt werden. Am IfBB wurde hierfür ein gleichsinnig drehender Doppelschneckenextruder der Firma KraussMaffei verwendet. Dieser wies ein Längen- Durchmesser Verhältnis von 42D auf. Hergestellt wurden

Compounds mit unterschiedlichen Anteilen (10, 20 und 30 wt%) an Spargelfasern, um zu testen bis zu welchen Anteilen die Einarbeitung problemlos erfolgen kann. Als Matrixkunststoff wurde ein Polypropylen (PP) gewählt, da PP auch als Matrix in WPC und großen Teilen von Verbundkunststoffen vorkommt, die mit Naturfasern gemischt/verstärkt wurden. Hinzu kommt, dass am IfBB zu PP-Holzfaserverbundwerkstoffen Vergleichsdaten vorliegen, mit deren Hilfe eine Aussage getroffen werden kann, wie leistungsfähig Spargel-Verbundkunststoffe sein können. Um die Verbindung zwischen der unpolaren PP-Matrix und der polaren Spargelfaser zu verbessern, wurde ein MSA-basierter Haftvermittler eingesetzt. Die nachfolgende Abbildung zeigt den Compoundierungsprozess, bei dem am Prozessanfang das PP hinzugegeben wurde und erst im späteren Verlauf die Spargelfasern. Dies diente der schonenderen Verarbeitung. Zusätzlich erfolgte eine atmosphärische und eine vakuumbasierte Entgasung von Restfeuchtigkeit im Prozess.

Eincompoundierung des **Spargelmehls** in den **Kunststoff (PP)**

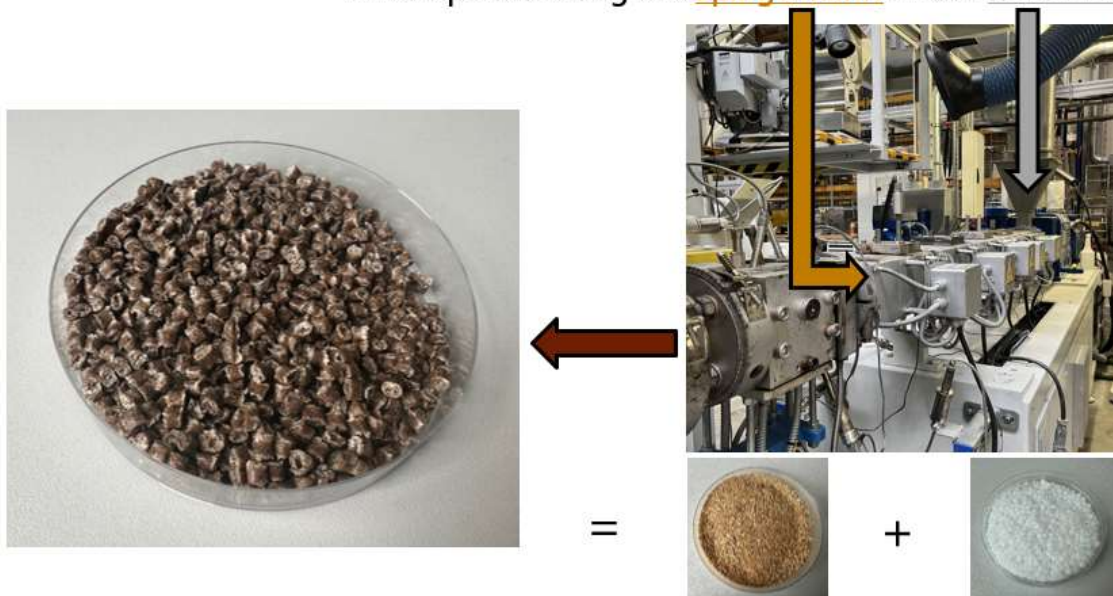


Abbildung 7: Herstellung von Spargelcompounds mittels Extruder

Die Verarbeitung der Spargelfasern konnte ohne nennenswerte Auffälligkeiten durchgeführt werden und ist vergleichbar mit der Verarbeitung von Holzfasern bzw. Holzmehlen. Ab einer Einarbeitung von 30 wt% Spargelfasern trat, mit dem gewählten Verfahrensaufbau, jedoch Materialaufstieg in der Entgasung auf. Dies ist nicht unüblich bei höher gefüllten naturfasergefüllten Compounds bei der Verarbeitung auf gleichsinnig drehenden und axial offenen Doppelschneckenextrudern. Durch eine Verfahrens- und Prozessoptimierung können i.d.R. auch höhere Faser-/Füllstoffanteile erzielt werden. Eine entsprechende Optimierung war im Rahmen dieses Projektes jedoch nicht möglich/eingeplant. Für zukünftige Verarbeitungsprozesse sollte versucht werden, eine Schneckenengeometrie zu wählen, die weniger Schärkräfte im Bereich der Fasereinarbeitung aufweist. So könnte ggf. die thermomechanische Belastung auf die Fasern und somit auch die Dunkelfärbung der Compounds noch reduziert werden.

iv. Spritzgießtechnische Verarbeitung der spargelbasierten Compounds

Beim Spritzgießen wurden die mittels Extruder hergestellten Compounds zu genormten Prüfkörpern (nach DIN EN ISO 527 Typ B) verarbeitet. Zum Einsatz kam hierbei eine vertikale Spritzgussmaschine der Firma Arburg, mit einer Schließkraft von 100 Tonnen. Die Compounds wurden vor dem Verspritzen bei 80 °C für min. 4 h vorgetrocknet. Das Spritzgießen und die Herstellung von genormten Prüfkörpern stellen einen wichtigen Aspekt im Projekt dar, um die Materialeigenschaften der Spargelcompounds ermitteln zu können. Darüber hinaus ist der Kunststoffspritzgussmarkt mit 5,66 Mio. Tonnen pro Jahr [2] ein sehr relevanter potenzieller Zielmarkt. Durch den Vergleich der Spargelcompounds mit anderen und herkömmlichen fasergefüllten Verbundkunststoffen, lassen sich Aussagen über die Eignung der Spargelcompounds für diesen Zielmarkt abschätzen.

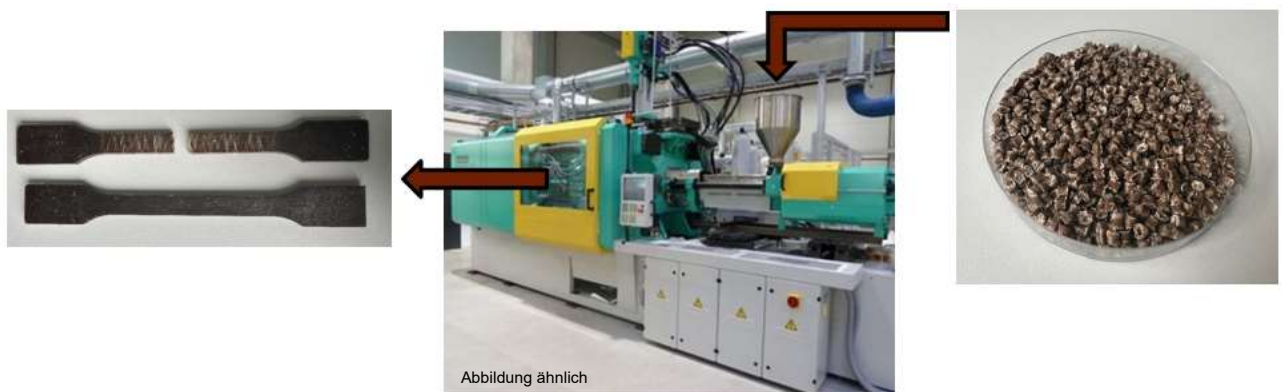


Abbildung 8: Herstellung von Spargel-Normprüfkörper mittels Spritzguss

Das Spritzgießen der Spargelcompounds war ohne nennenswerte Probleme möglich. Die Verarbeitbarkeit ähnelt der von holzgefüllten Compounds. Vorteilhaft für die Material-/Produktqualität ist es, wenn die Verarbeitungsparameter auf die thermischen Eigenschaften der Spargelfasern angepasst werden können. Generell gilt für eine schonende Verarbeitung, dass die Verarbeitungstemperatur 200 °C bzw. an der Düse 220 °C nicht übersteigen sollte. Ein Einspritzen mit hohen Geschwindigkeiten kann zu Schlierenbildung und Verbrennungen führen. Der Restfeuchtegehalt sollte 1000 ppm nicht übersteigen.

v. Materialcharakterisierung der biobasierten Spargel-Composite

Um eine Aussage darüber treffen zu können, ob Spargelfasern das Potenzial haben in Produkten aus dem Kunststoffsektor (Extrusion, Spritzguss, Folienanwendungen etc.) eingesetzt zu werden, ist es notwendig ihre Eigenschaften mit denen etablierter Materialien zu vergleichen. Hierfür wurden im Projekt Compounds hergestellt, die mit Spargelfasern gefüllt waren. Um eine möglichst gute Vergleichbarkeit zu erzielen, wurden die Eigenschaften der Spargelcompounds mit denen von mit Holzmehl gefüllten Compounds verglichen. Die gewählte Kunststoffmatrix war jeweils Polypropylen vom selben Typ, mit einem Füllstoffanteil von 20 wt% und einem Haftvermittleranteil von 3 wt% des gleichen Typs. Es wurde eine Zugprüfung nach DIN EN ISO durchgeführt. Die nachfolgende Abbildung zeigt den Vergleich der Materialkennwerte der genormten Zugprüfung.

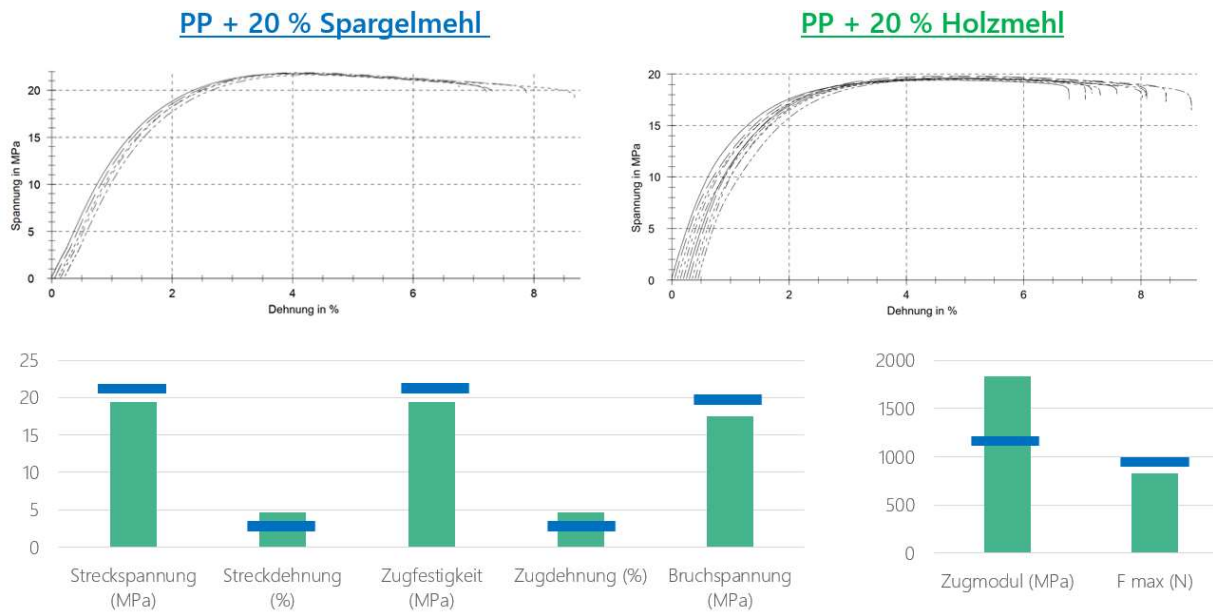


Abbildung 9: Materialkennwerte Spargelcompound vs WPC

Die in grün dargestellten Balken zeigen die Kennwerte des Holzmehlcompounds und die schmalen blauen Kästen zeigen die Kennwerte des Spargelcompounds. Es ist zu erkennen, dass die Eigenschaften der beiden Compounds in sehr ähnlichen Bereichen liegen. Die ersten Materialtests lassen somit darauf schließen, dass mit der Spargelfaser voraussichtlich die gleichen Märkte/Produkte bedient werden können, wie mit Holzfasern bzw. Holzmehlen.

vi. Logistik, Trocknung, Scale-Up

Im Projekt erfolgte die Logistik der Spargelschälreste mittels Kleintransporter. Die Trocknung erfolgte mittels Feldröste (ohne Erfolg, siehe ii) und mittels Trockenofen. Für einen möglichen Scale-Up auf industrielle Anlagen und Mengen, wurden Kontakte zu Spargelhöfen, dem Spargelverband und in die verarbeitende Industrie aufgebaut. Nach Rücksprache mit den beteiligten Parteien, wurde ein Szenario entwickelt, welches als realistisch für ein entsprechendes „Industrialisierungs-Szenario“ gehalten wird.

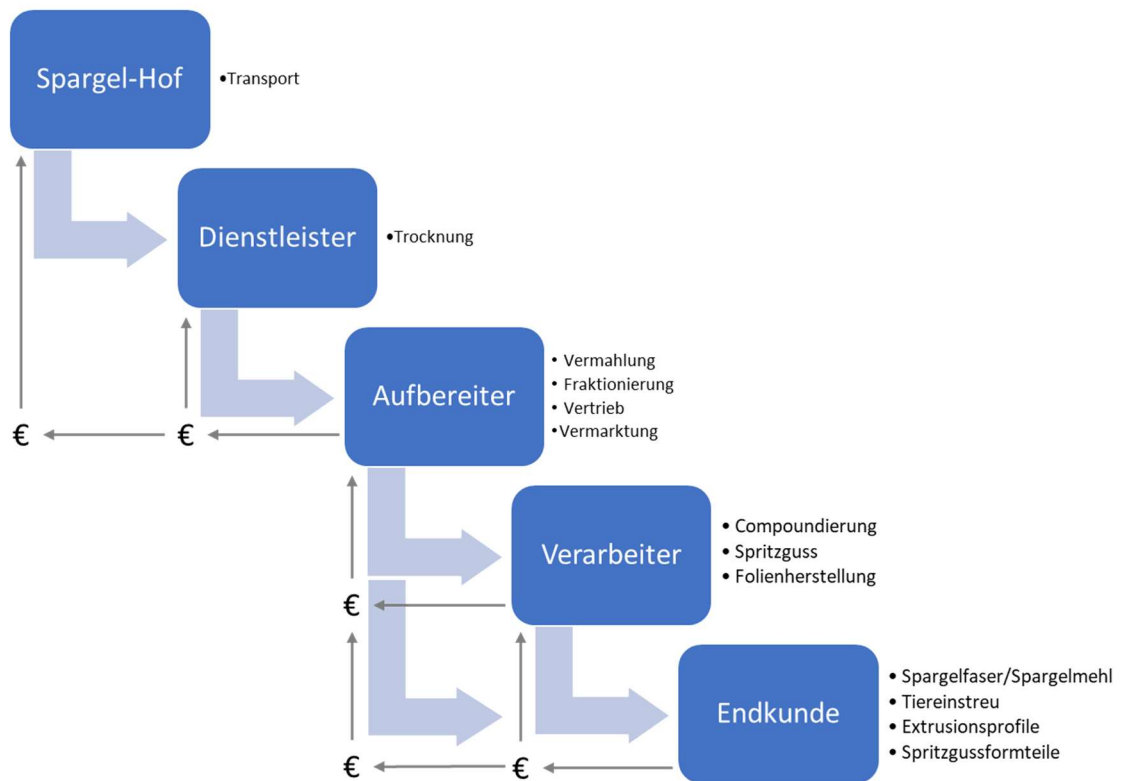


Abbildung 10: Scale-Up Szenario

vii. Optimierung der Versuchsreihen

Die Erkenntnisse aus den Lagerungs- und Trocknungsversuchen sind im Kapitel ii aufgeführt. Die Optimierung der verfahrenstechnischen Versuche beinhaltete die Extrusion bzw. Compoundierung und das Spritzgießen der hergestellten Compounds zu genormten Prüfkörpern, wobei das Spritzgießen ohne nennenswerte Anpassungen möglich war (siehe Kapitel iv).

Untersucht wurde der Einfluss der Spargelfasergeometrien (1 mm und 0,1 mm) auf die Einarbeitbarkeit in den Verarbeitungsprozess mittels gängiger Förder- und Dosiertechnik. In Vorversuchen wurde eine Spargelfaserfraktion von 10 mm getestet, welches zu Brückenbildung in der Dosierwaage geführt hat. Sowohl die 0,1 mm Fraktion, als auch die 1 mm Fraktion konnten ohne Probleme, bei allen gewählten Prozessparametern verarbeitet bzw. eingearbeitet werden. Für die Compoundierung wurden, neben den in Kapitel iii erwähnten verschiedenen Faseranteilen, verschiedene Füllgrade und Schneckendrehzahlen getestet, um eine Aussage darüber treffen zu können, welche Verarbeitungsparameter eine möglichst schonende Verarbeitung gewährleisten. Für mögliche zukünftige Versuche wird empfohlen, dass eine Schneckengeometrie verwendet wird, die mit möglichst wenig Schärenergie auskommt. Die Spargelfasern lassen sich i.d.R. gut in eine Kunststoffschmelze einarbeiten, neigen jedoch dazu vergleichsweise früh durch thermomechanische Energie, sich dunkler zu färben.

viii. Nachhaltigkeitsbewertung

Vorgesehen war es, im Projekt für die einzelnen Prozessschritte der Aufbereitung der Spargelschalen, eine Abschätzung zu treffen, wie aufwändig bzw. Energieintensiv das Verfahren ist, um abschätzen zu können, wie der Spargelrohstoff gegenüber vergleichbaren Rohstoffen, wie z.B. Holzfasern, abschneiden würde. Insbesondere die Energieverbräuche beim Trocknen sollten hierüber Aufschluss geben. Nach der Kontaktaufnahme zur Holzverarbeitenden Industrie, wurde ein Konzept besprochen, wie mit Spargelschälresten, die einen Feuchtigkeitsanteil von ca. 90 wt% besitzen, verfahren werden würde, um diese Daten heranziehen zu können. Im Ergebnis kam jedoch heraus, dass es aktuell nicht möglich ist hierfür eine belastbare Aussage zu treffen. Vorher muss geklärt werden, mit welchen Methoden die Feuchtigkeit effektiv entfernt werden kann, bevor eine Weiterverarbeitung erfolgen kann, die vergleichbar zu Holz ist. Daher wurde die Nachhaltigkeitsabschätzung nicht durchgeführt. Dafür wurden mit weiteren Unternehmen Konzepte diskutiert, wie eine Trocknung und nachnutzungskette erfolgen müsste. Die Energiewerte und die Nachhaltigkeitsabschätzung sollen in einem möglichen Folgeprojekt, dann mit belastbaren Kenndaten, durchgeführt werden.

ix. Veröffentlichungen

Im Rahmen des Projektes wurde eine Vielzahl an unterschiedlichen Maßnahmen ergriffen um das Thema und die Projekthalte einem möglichst breiten Interessentenkreis zugänglich zu machen. Neben dem Kontaktieren verschiedener Spargelhöfe aus dem Raum Niedersachsen, wurde das Projektthema auch an den Spargelverband herangetragen. Darüber hinaus wurden Veröffentlichungen auf verschiedenen Wegen durchgeführt. Die nachfolgende Liste gibt einen entsprechenden Überblick.

Tabelle 4: Überblick Veröffentlichungen

Art der Veröffentlichung	Datum	Quelle
Pressemitteilung	Februar 2022	Neues Forschungsprojekt: Spargelschalen im Einsatz für eine kreislaforientierte Bioökonomie
Webinar 60: Reststoffe für Bioverbundwerkstoffe: Mit Spargelschalen vom Abfall zum Werkstoff (SpaPlast)	19.05.2022	IfBB Webseite – Links: https://www.ifbb-hannover.de/files/ifbb/downloads/webinarreihe/Webinar_SpaPlast_MAN_20220519.pdf https://webconf.vc.dfn.de/pwarupmfhq1/
Pressemitteilung	Juni 2022	Spargelschalen für neue Bodenbeläge nutzen https://www.ml.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/pressemitteilungen/spargelschalen-fur-neue-bodenbelage-nutzen-212809.html
Artikel	März 2023	Nachrichten aus der Chemie - Spargelschalen für neue Bodenbeläge nutzen

Fernsehbeitrag	Juni 2023	3sat nano: "Spargelschalen als Rohstoff" https://www.srf.ch/play/tv/nano/video/spargelschalen-als-rohstoff?urn=urn:srf:video:244a9ec4-5c8d-4e7d-8b38-2078b64afb59
Pressemitteilung	Mai 2023	Kunststoff aus Spargel im Niedersächsischen Spargelmuseum
Ausstellung im Museum	Mai 2023	Niedersächsisches Spargelmuseum www.museum-nienburg.de
Artikel / Interview	Juli 2023	K-MAG: https://www.k-online.de/de/kreislaufwirtschaft/ifbb-biokunststoffe-spargelschalen-spaplast
Webinar 73 - Vom Abfall zum Wertstoff: Spargelschalen für neue Biowerkstoffe (SpaPlast)	26.10.2023	IfBB Webseite – Links: https://www.ifbb-hannover.de/files/ifbb/downloads/webinarreihe/Webinar_SpaPlast_MAN_20231026.pdf https://webconf.vc.dfn.de/pmvxrr0latcw/
Pressemitteilung	November 2023	Spargelschalen für Kunststoffe: IfBB zeigt neuen Bioverbundwerkstoff auf der Agritechnica 2023
Messe	November 2023	Agritechnica – Ausstellung am Stand von 3N
Artikel	November 2023	Aus Abfall wird Wertstoff: Spargelschalen für neue Biokunststoffe https://www.topagrar.com/perspektiven/news/vom-abfall-zum-wertstoff-spargelschalen-als-baustein-fuer-neue-biokunststoffe-a-13536785.html
Artikel	Dezember 2023	Die Harke – XXX (noch offen)

4. Fortschreibung des Verwertungsplans

x. Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen

Es sind keine Erfindungen oder Schutzrechte angemeldet worden.

xi. Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende

Das Projekt und die Inhalte hatten das Ziel, mit wissenschaftlichen Methoden die Nutzbarkeit und Machbarkeit der Umwandlung eines Spargelreststoffes, hin zu einem Spargelrohstoff zu untersuchen. Eine direkte wirtschaftliche Anschlussfähigkeit ist daher nicht gegeben. Um jedoch eine entsprechende Abschätzung durchführen zu können, wurden alle notwendigen Stakeholder kontaktiert, die für eine industrielle Umsetzung notwendig wären. Gemeinsam mit ihnen wurden Szenarien und Konzepte besprochen, wie eine wirtschaftliche Nutzung aussehen würde, um einen entsprechenden Ansatz erfolgreich umsetzen zu können. Die technischen und Materialeitigen Voraussetzungen wurden im Rahmen des Projektes erfolgreich dargelegt und das erfolversprechende Konzept für eine Industrielle Umsetzung ist im Kapitel vi beschrieben.

xii. Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende

Von wissenschaftlicher Seite aus sind sämtliche Ansätze die im Projektrahmen verfolgt wurden positiv ausgefallen. Alle Projektinhalte konnten erfolgreich umgesetzt werden und es konnte dargelegt werden, dass Spargelreststoffe, entsprechend der Projektidee, für eine Nachnutzung als Rohstoff aufbereitet werden können.

xiii. Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Die Anschlussfähigkeit wird als sehr groß angesehen. Auf Grund der erfolgreichen Ergebnisse aus dem Projekt, konnte dargelegt werden, dass Spargel ein sehr hohes Potenzial hat als günstiger Rohstoff in einer Vielzahl möglicher Anwendungen eingesetzt zu werden. Dadurch, dass in der Projektlaufzeit bereits eine Vielzahl an Firmen und Unternehmen kontaktiert wurden, mit denen eine industrielle Umsetzung besprochen wurde und diese sich alle positiv und interessiert geäußert haben, scheint einer erfolgreichen Anschlussfähigkeit nichts im Wege zu stehen, was erste Konzepte und Gespräche hierzu mit Spargelhöfen und Aufbereitern belegen.

5. Quellen:

1. <https://www.topagrar.com/mediathek/fotos/ackerbau/wieviele-spargelbetriebe-gibt-es-in-deutschland-12032466.html>
2. <https://www.mordorintelligence.com/de/industry-reports/plastics-injection-molding-market>