

# UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM

## Abschlussbericht

### zum Vorhaben

"Ressourcenschonendes Verfahren zur Herstellung von Biofolien"

NKa3 - 003218

### Zuwendungsempfänger/-in

Gelinova GmbH

### Umweltbereich

Wasser/Abwasser, Abfall, Ressourcen, Klimaschutz, Luft, Boden, Lärm

### Laufzeit des Vorhabens

05.07.2017 bis 31.12.2021

### Autor/-en

Dr.-Ing. Peter Koepff

Dipl. Ing. Helmut Burth

Tel.: 07263/4096060

Fax: 07263/409306-9

E-Mail: peter.koepff@gelinova.com

helmut.burth@gelinova.com

**Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz**

### Datum der Erstellung

22.01.2024

### Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen UBA: 90030/106	Projekt-Nr.: NKa3-003218
Titel des Vorhabens: „Ressourcenschonendes Verfahren zur Herstellung von Biofolie“	
Autor/-en (Name, Vorname): Dr.- Ing. Peter Koepff Dipl. Ing. Helmut Burth	Vorhabenbeginn: 05.07.2017
	Vorhabenende (Abschlussdatum): 31.12.2021
Zuwendungsempfänger/-in (Name, Anschrift): Gelinova GmbH Fuchslochweg 4 74933 Neidenstein	Veröffentlichungsdatum:
	Seitenzahl: 48
Gefördert im Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz	
Kurzfassung (max. 1.500 Zeichen): Bei dem bisherigen Verfahren zur Herstellung von Blattgelatine liegen die Verarbeitungskonzentrationen der Gelatinelösungen deutlich niedriger im Vergleich zum neuen Verfahren. Das Auflösen und Sterilisieren wird zudem in 2 Schritten durchgeführt. Beim neuen innovativen Verfahren zur Herstellung von Blattgelatine und Biofolie ist die Verarbeitungskonzentration deutlich höher. Aufgrund des erforderlichen Temperaturprofils zum Lösen der Gelatine wird die Gelatinelösung während des Durchströmens des Extruders gleichzeitig pasteurisiert. Mit dem neuen innovativen Verfahren konnte der Energiebedarf insgesamt deutlich gesenkt werden. Die CO <sub>2</sub> -Einsparung liegt gegenüber den bisherigen Verfahren bei 56 % bzw. bei ca. 787 t CO <sub>2</sub> /a.	
Schlagwörter: Biofolie, Blattgelatine, Energiebedarf, CO <sub>2</sub> -Einsparung	

## Report Coversheet

Reference-No. Federal Environment Agency: 90030/106	Project–No.: NKa3-003218
Report Title: „Resource-saving process for the production of biofilm”	
Author/Authors (Family Name, First Name): Dr.- Ing. Peter Koepff Dipl. Ing. Helmut Burth	Start of project: 05.07.2017
	End of project: 31.12.2021
Performing Organisation (Name, Address): Gelinova GmbH Fuchslochweg 4 74933 Neidenstein	Publication Date:
	No. of Pages: 48
Funded in the Environmental Innovation Programme of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection.	
Summary (max. 1.500 characters): In the classical process for the production of leaf gelatine, the processing concentrations of the gelatine solutions are significantly lower compared to the new process. The dissolution and sterilization of the gelatine is carried out in 2 process steps. In the new innovative process for the production of leaf gelatine and biofoil, the processing concentration is significantly higher. Due to the temperature profile required to dissolve the gelatine, the gelatine solution is simultaneously pasteurized during the flow through the extruder. With the new innovative process, the overall energy demand could be significantly reduced. Compared to the classical processes, the CO <sub>2</sub> savings are 56 % or about 787 t CO <sub>2</sub> /a.	
Keywords: Biofoil, leaf gelatine, energy requirement, CO <sub>2</sub> saving	

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>4</b>
1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens und ggf. der Projektpartner.....	4
1.2. Ausgangssituation .....	4
<b>2. Vorhabenumsetzung</b> .....	<b>8</b>
2.1. Ziel des Vorhabens .....	8
2.2. Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten) .....	9
2.3. Umsetzung des Vorhabens .....	15
2.4. Behördliche Anforderungen (Genehmigungen) .....	29
2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten .....	29
2.6. Konzeption und Durchführung des Messprogramms.....	30
<b>3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung</b> .....	<b>30</b>
3.1. Bewertung der Vorhabendurchführung .....	30
3.2. Stoff- und Energiebilanz.....	32
3.3. Umweltbilanz .....	34
3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse .....	36
<b>4. Übertragbarkeit</b> .....	<b>37</b>
4.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung .....	37
4.2. Modellcharakter/Übertragbarkeit (Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens/der Anlage/des Produkts).....	37
<b>5. Zusammenfassung/ Summary</b> .....	<b>39</b>
5.1. Zusammenfassung .....	39
5.2. Summary .....	39
<b>6. Literatur</b> .....	<b>40</b>
<b>7. Anhang</b> .....	<b>41</b>

## 1. Einleitung

### 1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens und ggf. der Projektpartner

Die Gelinova GmbH wurde 2001 gegründet und ist im Bereich der Lebensmittelindustrie, speziell der Pharma- und Gelatineindustrie tätig. Inhaber und geschäftsführender Gesellschafter ist Herr Dr. Peter Koepff, der auch Präsident der Internationalen Forschungsgemeinschaft Gelatine (IAGS) ist. Herr Dr.-Ing. Peter Koepff ist Inhaber mehrerer Schutzrechte im Bereich der Herstellung und Anwendung von Produkten auf der Basis von Gelatine.

Auf Basis der vorhandenen Schutzrechte wird seit Mitte 2015 intensiv an der Umsetzung und weiteren Optimierung der Verfahrensschritte zur Herstellung von Biofolie mit einem neuen, ressourcenschonenden Verfahren gearbeitet. Für die wirtschaftliche Umsetzung und zur weiteren Optimierung der nicht genutzten Schutzrechte (DE3843844 C1, DE4027888), die nie als Produktionsprozess eingeführt wurden, sind umfangreiche Industrierversuche im Technikumsmaßstab vorausgegangen. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wurden abgeschlossen. Im Rahmen dieser Entwicklungen wurde intensiv mit Herstellern von

- Gießanlagen und Trocknungsanlagen
- Auflöse- und Entgasungsanlagen
- Extrusionsanlagen
- Luftaufbereitungsanlagen
- des BHKWs zusammengearbeitet.

Für den Aufbau der neuen Anlagentechnik stand ein Gewerbegrundstück (12.500 m<sup>2</sup>) in der Gemeinde Neidenstein (Baden-Württemberg) zur Verfügung. Parallel zum Aufbau der neuen Anlagentechnik wurde eine neue Produktionshalle am Standort Neidenstein errichtet.

Projektbeteiligte:

- Dr.-Ing. Peter Koepff (Chemiker), Dr. Koepff hat mehrere Jahrzehnte Erfahrungen im Bereich der Gelatineproduktion und Arzneimittelproduktion (ehemaliger Geschäftsführer der R.P. Scherer GmbH und verantwortlicher Herstellungsleiter laut AMG, Vorstand für Prod./Technik, F&E / Qualitätskontrolle der Gelita AG, in Ruhe), Präsident der Internationalen Forschungsgemeinschaft an Gelatine (IAGS) und ist Inhaber mehrerer Patente.
- Dipl. Betriebswirt (MBA) Hendrik Koepff
- Dipl. Ing. Helmut Burth (Lebensmitteltechnologe), früherer Werksleiter einer 6.000 jato Gelatinefabrik.

### 1.2. Ausgangssituation

Biofolien aus pflanzlichen Hydrokolloiden und/oder Gelatine sind als biologisch abbaubare Materialien für viele Anwendungen sehr gut geeignet. Blattgelatine findet auf dem Nahrungsmittelsektor, insbesondere im Haushalt, in Konditoreibetrieben, Diätküchen und Lebensmittelabriken umfangreiche Anwendung.

Zur Herstellung wird im Allgemeinen Gelatine in Pulverform verwendet. Das Pulver wird in warmem Wasser - je nach Qualität der Biofolie - im Verhältnis (Wasser: Gelatine) 1:2 bis 1:2,5 (ca. 30-35% Refraktometer Trockensubstanz) aufgelöst, pasteurisiert und anschließend in verschiedenen Dicken auf ein Trägerband aufgetragen. Zum Entzug des zum Auflösen zugegebenen Wassers wird die auf dem Trägerband befindliche, „feuchte“ Biofolie einem Trockner zugeführt. Zum Trocknen wird Luft mit einer bestimmten Temperatur und Feuchte (konditionierte Luft) eingesetzt. Die Luft nimmt während des Trocknungsprozesses das Wasser aus der feuchten Biofolie auf. Je nach Jahreszeit wird ein Großteil der „verbrauchten“ Luft wieder zurückgewonnen (Energierückgewinnung, Kreislauf mit partieller Ausschleusung). Nach dem Durchlaufen der Biofolie durch den Trockner wird die Folie, entsprechend den Kundenanforderungen, zugeschnitten. Zum Abkühlen und zur Qualitätskontrolle wird die trockene Biofolie kurze Zeit zwischengelagert. Die Biofolie wird in Lebensmittelqualität hergestellt. Die anschließende Verpackung in Groß- und Kleingebinde erfolgt nach Kundenwunsch.

Abbildung 1 zeigt die Verfahrensschritte dieses herkömmlichen Prozesses, Abbildung 2 einen Trockner.

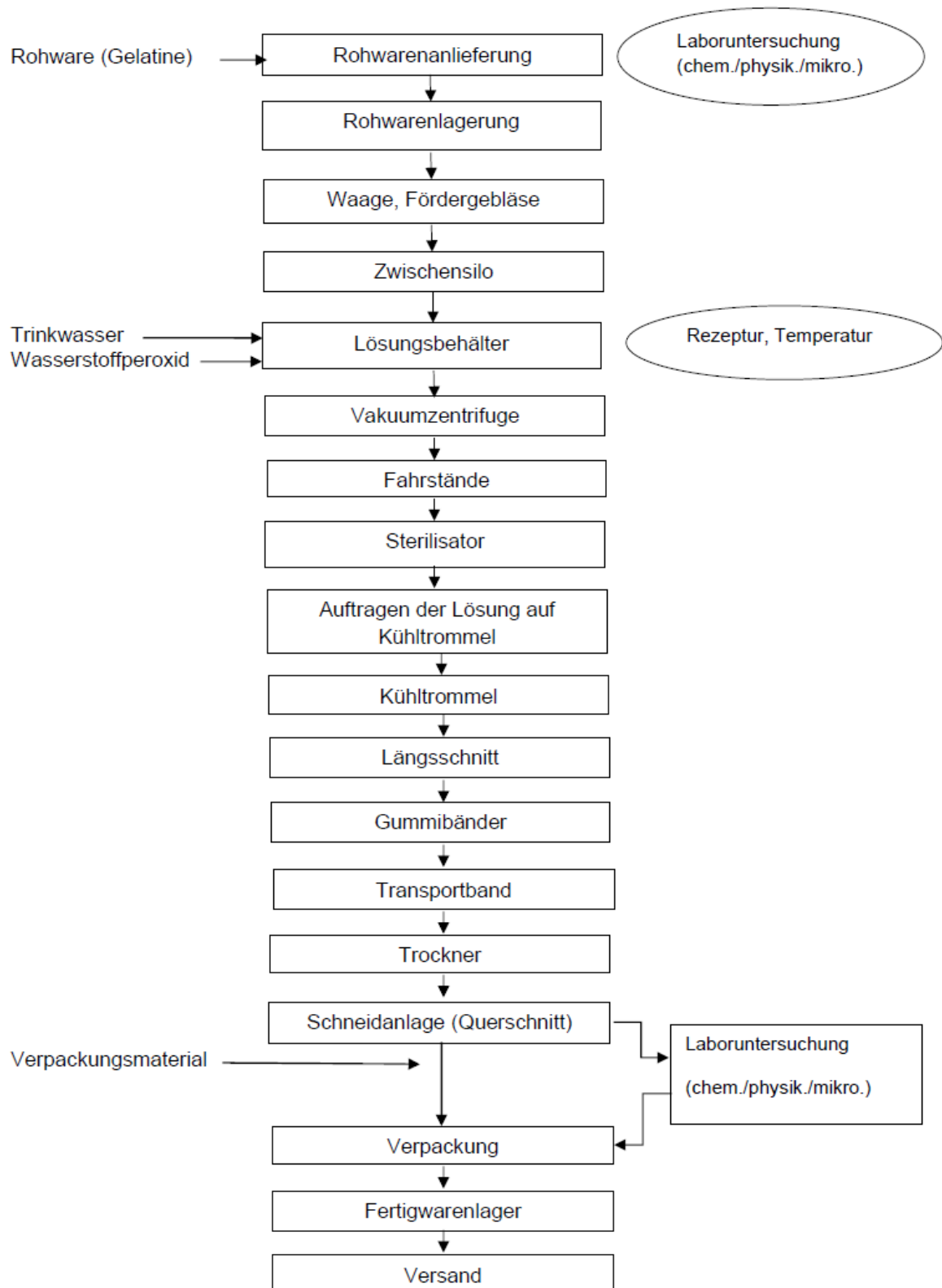
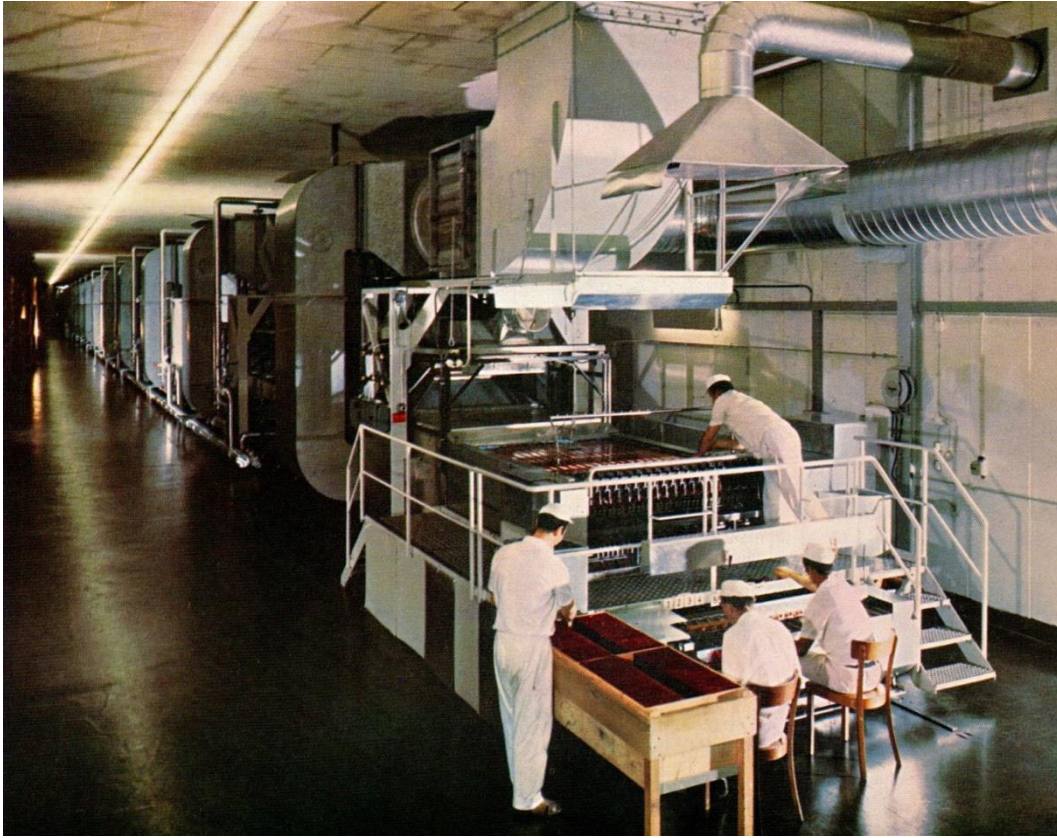


Abbildung 1 - Verfahrensschritte herkömmlicher Prozess zur Herstellung von Blattgelatine (Gelinova Darstellung)



*Abbildung 2 - Trockner (bisheriges Verfahren)*

Das bekannte Herstellungsverfahren für die folienartige Blattgelatine ist apparativ aufwendig, zeitraubend und kostspielig (vgl. Patent zur Herstellung von Biofolie, Patentnummer DE3843844): Gelatine wird in heißes Wasser eingetragen und unter Rühren gelöst. Dabei wird in die Lösung eine beträchtliche Menge Luft eingebracht, so dass nach der vollständigen Auflösung der Gelatine in einem Entgasungsgerät entgast werden muss, um ein blasenfreies Endprodukt zu erhalten. Die entgaste Gelatinelösung mit einem Wassergehalt zwischen 65 und 70 % wird sterilisiert und in heißem Zustand aus einer Gießwanne mit Rakel auf eine gekühlte Walze gegossen. Auf der Walze kühlt die Gelatine ab und erstarrt zu einer Gallerte. Die Gallerte - ein endloses, breites Band – wird auf der Kühltrommel in Streifen geschnitten. Die Streifen werden anschließend auf ein endloses Netz übergeben und in einen Trockner mit einer Länge von über 110 m eingebracht. Für die Trocknung der Gelatine im Trockner müssen 40 bis 50 Mio. Liter Luft umgewälzt werden, wobei die Luft vorher entfeuchtet, erhitzt und entkeimt werden muss. Derart hohe Luftmengen sind deshalb erforderlich, weil die Trocknungsluft nur bis unter den Schmelzpunkt der Gelatine erwärmt werden darf. Nach Verlassen des Trockners werden die Gelatinestreifen in Blätter zerschnitten, die anschließend verpackt oder lose gelagert werden. Die Blattgelatine verlässt den Trockner dabei mit einer Endfeuchte von 10-15 %.

Bei diesem aufwendigen Löse-, Sterilisations-, Erstarrungs- und Trocknungsprozess verliert die Gelatine erheblich an Gallertfestigkeit, etwa 30 bis 40 Bloomgramm, was etwa 10 % Qualitätsverlust (Bloomverlust) bedeutet.



Das Verfahren ist außerordentlich personalaufwendig, insgesamt sind 5 bis 7 Bedienungspersonen / Schicht erforderlich. Das Verpacken der Blattgelatineblätter ist aufgrund der Blattstruktur (gewellte Oberfläche und Blattrand, Abbildung 3) sehr personalintensiv und erfolgt teilweise noch von Hand. Die Blattstruktur ist dem Produktionsprozess und den Gelatineeigenschaften geschuldet.



Abbildung 3 - Produkt Blattgelatine (bisheriges Verfahren) Foto Gelinova

Das Lösen der Gelatine kann bisher nur diskontinuierlich erfolgen. Die Gelatine wird chargenweise in Behältern von ca. 4 bis 6 m<sup>3</sup> mit der notwendigen Wassermenge vermischt und dann über einen bestimmten Zeitraum hinweg vorgequollen. Erst danach kann die Gelatine bei erhöhten Temperaturen zwischen etwa 50 und 80°C vollständig aufgelöst werden. Der Zeitaufwand für diesen Prozessschritt liegt bei mehreren Stunden. Durch lange Standzeiten der Gelatinelösung findet eine Hydrolyse (Bloomabbau) der Gelatine statt.

Um die nachfolgenden Trocknungsprozesse kontinuierlich ablaufen zu lassen sind mindestens zwei Behälter erforderlich, die im alternierenden Betrieb eine kontinuierliche Materialbereitstellung realisieren.

Insgesamt gesehen ist der Fertigungsprozess sehr ressourcenaufwändig. Je Kilogramm Folie sind folgende Ressourcen erforderlich:

Elektroenergie 1,75 kWh, Dampf 8,1 kg, Wasser 52 Liter, Abwasser 52 Liter.

## 2. Vorhabenumsetzung

### 2.1. Ziel des Vorhabens

Bisher wird zur Herstellung von Biofolie das Hydrokolloid Gelatine in Granulat- oder Pulverform verwendet. Das Granulat / Pulver wird in separaten Verfahrensschritten in warmem Wasser in einer Konzentration von ca. 30-35 % Refraktometer Trockensubstanz aufgelöst, sterilisiert, in verschiedenen Dicken auf eine Gießtrommel aufgetragen, in Bahnen geschnitten

und über ein Zwischenband auf ein Trägernetz aufgetragen. Zum Entzug des zum Auflösen zugegebenen Wassers wird die auf dem Trägernetz befindliche „feuchte“ Biofolie einem Trockner zugeführt. Die Luft nimmt während des Trocknungsprozesses die Feuchte auf. Nach dem Durchlaufen der Biofolie durch den Trockner hat die Biofolie eine Restfeuchte von 10-15 % und wird anschließend zugeschnitten.

Beim neuen Verfahren erfolgt das Vermischen, Auflösen, Pasteurisieren der eingesetzten Rohstoffe (Gelatine und Wasser) gleichzeitig im Verhältnis 1:1,2 in einem Extruder. Es wird somit deutlich weniger Wasser, Energie und Zeit benötigt. Aufgrund der höheren Verarbeitungskonzentration der gelösten Gelatine wird der Energiebedarf beim anschließenden Trocknen der Biofolie deutlich reduziert. Das neue Verfahren ist zudem auch für die Verarbeitung von Agar-Agar zu Biofolien geeignet.

Die Energiebilanz des neuen Verfahrens ermöglicht es, die gesamte für den technologischen Prozess erforderliche Wärme- und Elektroenergie mit einem BHKW zu erzeugen und damit weitestgehend ohne zusätzlichen externen Bezug von Elektroenergie auszukommen. Im Einzelnen werden folgende Ziele angestrebt:

1. Verringerung des Wasserverbrauches um 75 %
2. Verringerung der Abwassermenge um 90 %
3. Senkung des Stromverbrauchs um 85 %
4. Senkung des Erdgasverbrauchs um 16 %
5. Senkung der CO<sub>2</sub> Emission um 39 %
6. Minimaler externer Strombezug
7. Industrielle Fertigung einer neuen Produktkategorie Biofolie aus Hydrokolloiden

Der konkrete Vorteil der neuen Fertigungslinie liegt darin, dass mit dem neu entwickelten, ressourcensparenden Herstellungsverfahren eine großtechnische Serienfertigung von Biofolien aus Hydrokolloiden möglich ist. Das neue Verfahren hat einen erheblichen positiven Einfluss auf die Energie- und Materialbilanz und wirkt sich somit positiv nachhaltig auf den Umweltschutz aus.

Das neue Verfahren basiert auf der wirtschaftlichen Umsetzung von bisher nicht genutzten Schutzrechten (DE4027888, DE3843844), die nie in den Produktionsprozess eingeführt wurden. Der Projektplanung sind umfangreiche Industrierversuche im Technikumsmaßstab vorausgegangen.

## 2.2. Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)

Das neue Verfahren besteht darin, dass 1 Teil Pulvergelatine unter Zusatz von 1,2 Teilen Wasser (ca. 45% Refraktometer Trockensubstanz) bei erhöhtem Druck und erhöhter Temperatur unter Einwirken von Scherkräften in einem Zweischneckenextruder (Abbildung 4) aufgelöst

wird. Die zudosierte Wassermenge ist gegenüber dem bekannten Verfahren (30 – 35 % Refraktometer Trockensubstanz) erheblich niedriger. Durch das Zusammenwirken von Temperatur, der im Extruder erzeugten Scherkräfte (abhängig von der Schneckenkonfiguration und der Drehzahl) und den im Extruder herrschenden Drücken wird die Gelatinemasse sehr schnell und schonend aufgelöst.

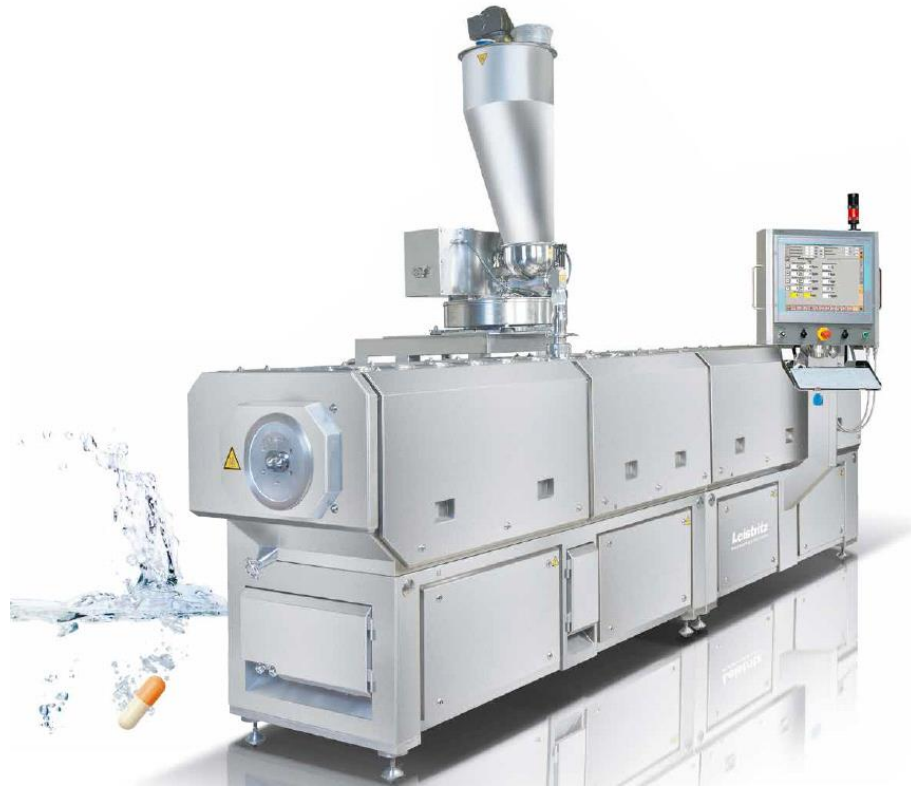


Abbildung 4 - Beispiel der Extrusionsanlage, Quelle: Leistritz ©

An die Einführzonen des Extruders für Pulvergelatine und Wasser schließen sich weitere Zonen an, die beheizt werden. Damit wird ein Temperaturprofil mit steigenden und fallenden Temperaturen erzeugt.

Aufgrund des erforderlichen Temperaturprofils zum Lösen der Gelatine wird die Gelatinelösung während des Durchströmens des Extruders gleichzeitig pasteurisiert.

Das Auftragen der extrudierten Lösung auf das endlose Trägerband wird mittels eines Schlitzgießers durchgeführt. Durch variable Einstellung der Schlitzdüse lassen sich Folienstärken im Bereich von 100 bis 500 µm herstellen.

Nach dem Gießvorgang kann - je nach Kundenanforderung - ein Prägemuster in die Biofolie eingepreßt werden. Die zur Prägung notwendige „Gelbildung“ der Gelatinelösung wird aufgrund der deutlich höheren Verarbeitungskonzentrationen, im Vergleich zum bisher etablierten Verfahren, unmittelbar nach dem Gießvorgang durch Anströmung mit Luft erreicht.

Zur Herstellung eines haltbaren Endproduktes muss das zum Lösen notwendige Wasser wieder aus der Hydrokolloidlösung entfernt werden. Hierzu wird die gelierte Gelatineschicht ei-

nem Trockner (Abbildung 5) zugeführt, der über mehrere Trocknungszonen mit unterschiedlichen Temperaturprofilen verfügt (beim bisherigen Verfahren hat der Trockner deutlich mehr Trocknungszonen).

Die Trocknerlänge und die zur Trocknung benötigte konditionierte Luft, können aufgrund der deutlich reduzierten Wassermenge, die zum Lösen notwendig ist, signifikant reduziert werden. Gegenüber dem bisherigen Verfahren können die Trocknerlänge und die zur Trocknung benötigte Luft mehr als halbiert werden.

Am Ausgang der Trocknungsstrecke wird die Gelatinefolie auf verschiedene Einzelformate geschnitten oder aufgerollt. Das Schneiden erfolgt unmittelbar hinter dem Trockner, weil dort die Gelatinefolie noch weitgehend plastisch ist. Die fertigen Blätter können anschließend mit Hilfe von speziell entwickelten Packautomaten verpackt werden, weil die so hergestellten Blattgelatineblätter gleichmäßig eben und glatt sind, sowie insbesondere keine gezackten Randabschnitte aufweisen. Aufgrund dieser exzellenten Struktur kann die Gelatinefolie auch als Rollenware abgepackt werden.

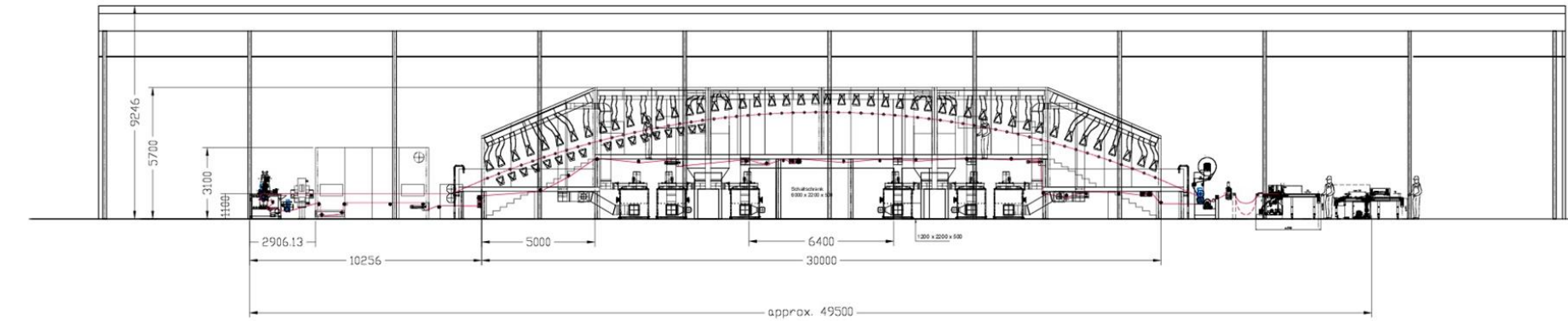


Abbildung 5 - Schematische Darstellung Trockner (incl. Gießanlage und Schneidanlage (ohne Nachrockner), Planungsunterlage Gelinova

Die neue Anlagentechnik besteht aus Extruder, Trocknungs- und Verpackungsanlagen. Durch das nahezu ausgeglichene Verhältnis des Bedarfes an Wärme- und Elektroenergie kann die Energieversorgung über ein BHKW erfolgen.

Der grundlegende Unterschied gegenüber den bisherigen Verfahren liegt darin, dass die Auflösung der eingesetzten Rohstoffe mit einem Extruder erfolgt. Damit ist deutlich weniger Wasser zum Lösen erforderlich (neues Verfahren: 125 kg Gelatine und 150 kg Wasser). Aufgrund der höheren Verarbeitungskonzentration der gelösten Gelatine wird der Energiebedarf zum Auflösen und Trocknen der Biofolie deutlich reduziert.

Ein weiterer Vorteil des neuen Verfahrens ist, dass die im bisherigen Verfahren notwendige sehr starke Abkühlung der Lösung vor der Trocknung nicht durchgeführt werden muss, da die höher konzentrierte Lösung viel schneller geliert und zudem unmittelbar auf ein Trägerband aufgetragen wird. Die Trocknung erfolgt auf dem Trägerband.

Die gleichzeitige Pasteurisierung der eingesetzten Rohstoffe während des Lösevorgangs im Extruder ist ebenfalls ein deutlicher Vorteil gegenüber dem bisherigen Verfahren. Durch diesen kombinierten Prozessschritt ist der Qualitätsverlust (Bloomverlust) deutlich geringer.

Die geplante Verarbeitung von Agar-Agar und Gelatine zu Biofolien, die in der Lebensmittelindustrie eingesetzt werden, ist nach dieser Verfahrensweise bisher weltweit einmalig.

Gemäß der Zielstellung des Förderprogramms ergeben sich auf eine Jahresproduktionsmenge von 600 Tonnen gerechnet folgende geplante Einsparungen:

Senkung des Wasserverbrauchs um 75 %, von 52 Liter auf 12,7 Liter je Kilogramm Folie durch Einsparungen beim Mischen (50% geringerer Wasseranteil im Zwischenprodukt), Kühlen und Reinigen der Anlage (keine Behälter, weniger Oberfläche, weniger Reinigung). Neben der Ressourceneinsparung Wasser ist damit eine Energieeinsparung (zur Trinkwasseraufbereitung werden in Deutschland ca. 0,580 kWh/m<sup>3</sup> benötigt) verbunden.

Verringerung der Abwassermenge um 90 %, von 52 Liter auf ca. 5,0 Liter je Kilogramm Folie durch Wasserrecycling. Neben der Verringerung der Abwasserbelastung ist damit eine Energieeinsparung verbunden.

Senkung des Stromverbrauchs um mehr als 85 % von 1,75 kWh auf weniger als 0,2 kWh je Kilogramm Folie durch verringerten Wasseranteil in der Herstellung und neuen Trocknungsprozess, sowie durch den Einsatz eines BHKWs zur Eigenstromversorgung.

Senkung des Erdgasverbrauchs um 16 % von 0,694 kg auf 0,582 kg je Kilogramm Folie. Die unmittelbare Einsparung ist gegenüber der herkömmlichen Methode gering. Der Effekt ist in der Einsparung von Strom gegeben.

Im bisherigen Verfahren wird für das zum Auflösen benötigte Warmwasser und für die Sterilisation der Lösung Dampf als Energieträger eingesetzt. Im neuen Verfahren werden die Erwärmung des zum Auflösen notwendigen Wassers und die Pasteurisierung in einer Anlage durchgeführt. Diese Anlage wird aus technischen Gründen elektrisch beheizt.

Senkung der CO<sub>2</sub> Emission um 39 % von 3,16 kg auf 1,9 kg je Kilogramm Folie.

Die Berechnung der Senkung der CO<sub>2</sub> Emission (siehe Tabelle 5) erfolgte auf Basis der „geplanten“ Verbrauchsdaten des neuen innovativen Verfahrens gegenüber dem bisherigen Verfahren<sup>1</sup>.

Die Art der Produktion ist bezüglich Lärm- und Geruchsemission umweltneutral.

Zur Erzeugung der Grundlastenergie wurde ein effizientes Blockheizkraftwerk geplant. Dieses deckt die benötigte Energie (Strom und Wärme in Form von Heißwasser) zu fast 100 % ab und senkt somit den Primärenergiebedarf deutlich.

Abbildung 6 verdeutlicht die einzelnen Verfahrensschritte des neuen Prozesses zur Herstellung von Blattgelatine und Biofolie.

---

<sup>1</sup> GWP inkl. energetischer Nutzung im Prozess. GWP berechnet unter Verwendung der Emissionsfaktoren (Tab. 281) aus dem Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2009, Climate Change 11/2011, Umweltbundesamt.

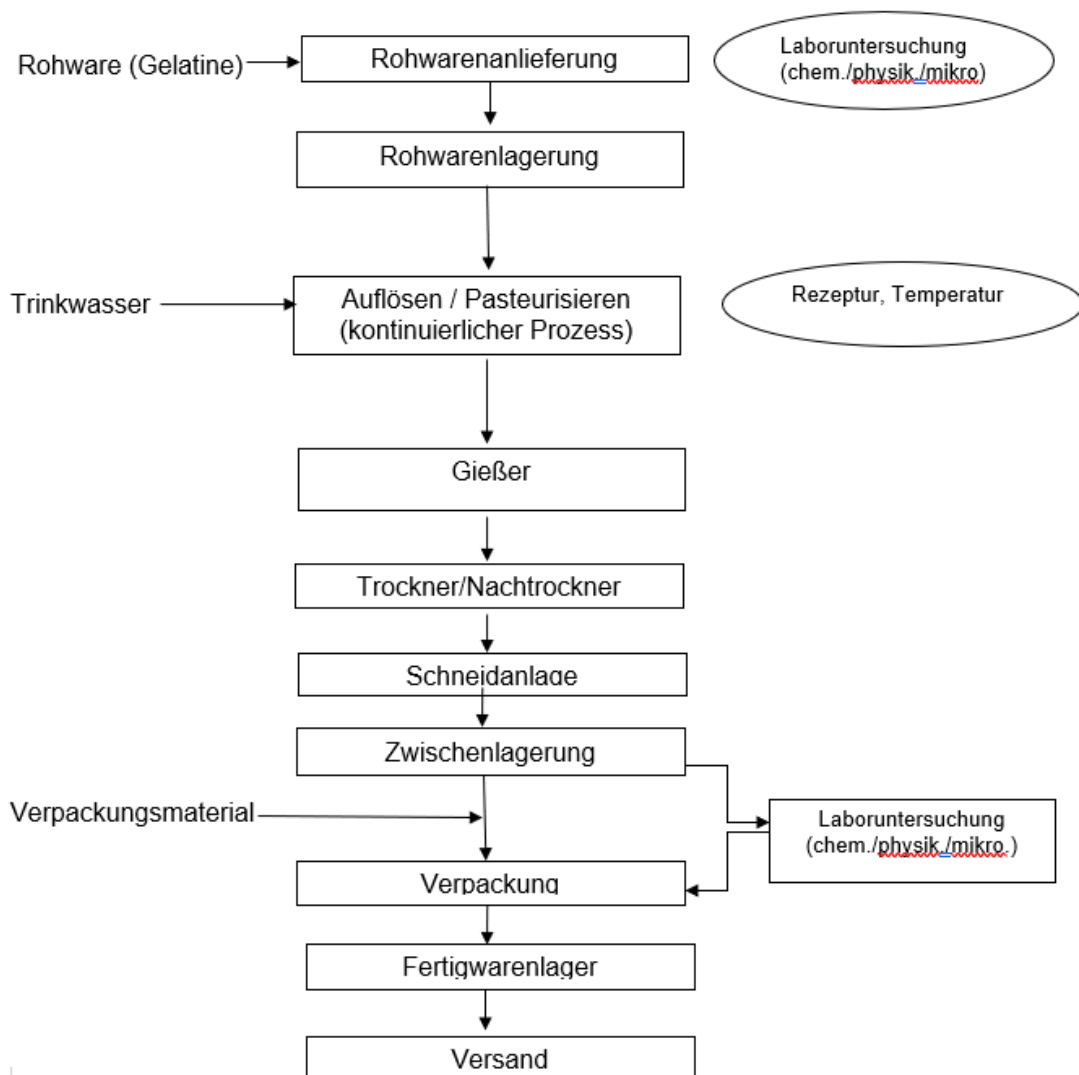


Abbildung 6 - Verfahrensschritte neuer Prozess zur Herstellung von Blattgelatine und Biofolie, Gelinova Darstellung

### 2.3. Umsetzung des Vorhabens

Die Investition erfolgte am Standort der Gelinova GmbH in Neidenstein. Die Realisierung des Vorhabens erfordert neben den Investitionen auch einen eigenen Personaleinsatz. Tabelle 1 zeigt den Vergleich der geplanten Investitionen und der Istkosten.

Tabelle 1 - Vergleich der geplanten Investitionen und der Istkosten

Kostenpositionen:	Summe	Summe	Differenz
	Plan	Ist 2018-2021	
(1) Extruder und Entgasungsanlage	645.750,00	712.078,77	-66.328,77
(2) Trockner und Luftkanal	4.128.080,00	4.184.546,73	-56.466,73
(3) Luftaufbereitung	476.024,00	601.700,00	-125.676,00
(4) Energiemanagement	200.000,00	125.966,40	74.033,60



(5) Versorgungsanlagen: Druckluft-, Schnelldampferzeuger, Kühlturm	222.179,00	276.131,15	-53.952,15
(6) Bauliche Maßnahmen: Verrohrung, E-Anlagen, Strom-/Gasanschluss"	644.922,00	292.334,36	352.587,64
(7) BHKW	311.215,00	300.629,00	10.586,00
(8) Verpackungsanlage	745.000,00	310.669,54	434.330,46
(9) Planung/Aufbau/Inbetriebnahme (Montage)	172.443,00	186.408,14	-13.965,14
(10) Personalkosten	131.648,00	188.614,62	-56.966,62
Summe:	7.677.261,00	7.179.078,71	498.182,29

Die gesamte Anlage wurde auf einem unternehmenseigenen Gewerbegrundstück (12.500 m<sup>2</sup>) in der Gemeinde Neidenstein (Baden-Württemberg) errichtet (Abbildung 7). Die Fläche der Produktionshalle beträgt ca. 2.000 m<sup>2</sup>.



Abbildung 7 - Gebäude der Gelinova GmbH in Neidenstein, Foto Gelinova

Die Anlage hat eine Jahresleistung von 600-700 Tonnen Biofolie pro Jahr.

Abbildung 8 zeigt das Anlagenlayout.

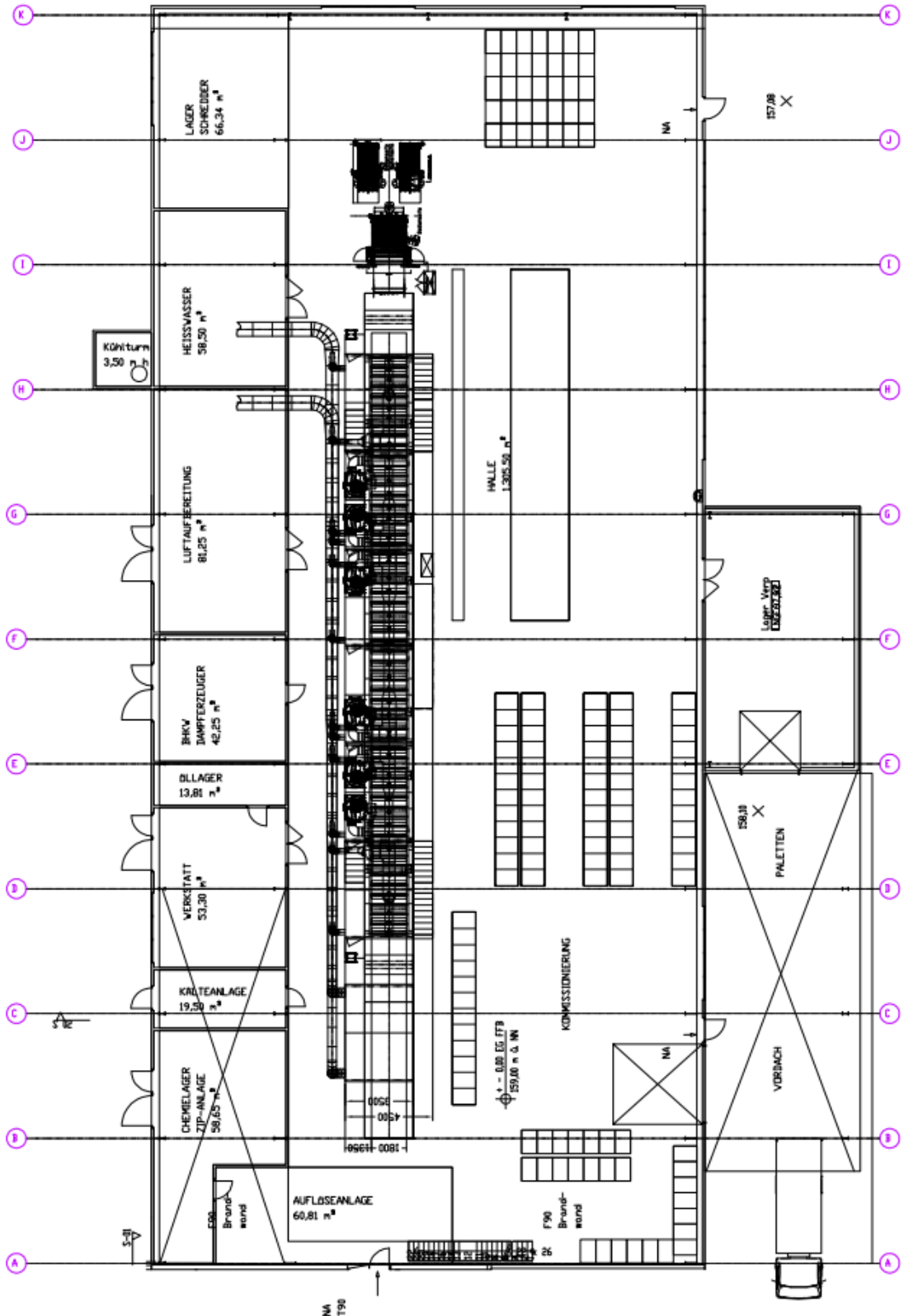


Abbildung 8 - Anlagenlayout (ohne Nachtrockner), Planungsunterlage Gelinova

Hauptanlagen sind: Extruder, Trocknungsanlage, Luftaufbereitungsanlage, BHKW zur Abdeckung der Hauptlast des Energiebedarfs (Strom und Wärme), ein elektrischer Dampferzeuger,

eine Verpackungsanlage und div. kleinere Nebenanlagen wie z.B. Kompressor zur Drucklufzeugung etc.

Der Zweischnecken-Extruder (Abbildung 9) ist eine gemeinsame Entwicklung mit dem Anlagenhersteller. Mit der Anlage ist es möglich, die Gelatine mit Wasser in den im Antrag genannten Mischungsverhältnissen (Wasser = 1,4 Teile und Gelatine 1,0 Teile) problemlos herzustellen. Beim „Auflösetest“ wurden die Grenzen der Mischungsverhältnisse ermittelt. Hier hat sich gezeigt, dass eine weitere Reduzierung des Wasseranteils möglich ist, ohne die Qualität der Auflösung zu gefährden. Das aktuelle Mischungsverhältnis liegt bei Wasser 1,2 Teile und Gelatine 1 Teil, Verbesserung gegenüber Antrag!



*Abbildung 9 - Zweischneckenextruder, Foto Gelinova*

Die Entgasungsanlage (Abbildung 10) arbeitet problemlos. Es ist möglich, die aufgelöste Gelatine mit dem oben angegebenen Mischungsverhältnis problemlos zu entgasen. Wird der Wasseranteil allerdings in der Lösung deutlich reduziert, wird die Entgasung zunehmend schwieriger.



Abbildung 10 - Entgasungsanlage, Foto Gelinova

Bei der Gießanlage (Abbildung 11) wurde festgestellt, dass ein ungleichmäßiger Guss erfolgt. In der Mitte vom Guss bildet sich ein „Bauch“ aus (overcoating), der Einfluss auf die Trocknung hat. Auf Basis von rheologischen Messungen zum Fließverhalten konnte der Prozessschritt optimiert werden und der „Bauch“ konnte erfolgreich beseitigt werden.



Abbildung 11 - Gießler und Gießtrommel, Foto Gelinova

Die Trocknungsanlage für die Biofolie wurde gemeinsam mit dem Hersteller entwickelt (Abbildung 12 bis Abbildung 15). Gegenüber den herkömmlichen Trocknungsanlagen wird durch

einen neuartigen Prozess und entsprechender Konstruktion der Platzbedarf um ungefähr 50 % reduziert.



*Abbildung 12 - Trocknungsanlage Gelierzzone, Foto Gelinova*



*Abbildung 13 - Trockner Zone 1 – 2, Foto Gelinova*



*Abbildung 14 - Trockner Zone 5 – 6, Foto Gelinova*



*Abbildung 15 - Schneidanlage und Wickeleinheit nach dem Trockner, Foto Gelinova*

Es werden bei Vollbetrieb 15.000 – 25.000 m<sup>3</sup>/h Luft aus der Umgebung angesaugt, konditioniert (Einstellung der benötigten Temperatur und Feuchte) und anschließend der Produktionsanlage zur Trocknung zugeführt. Die verwendete Trocknungsluft wird zum großen Teil wiederverwendet (Kreislauf zur Energierückgewinnung), eine Teilmenge wird in die Atmosphäre abgegeben, diese ist geruchsneutral und schadstofffrei.

Bevor die angesaugte Luft aus der Umgebung für die Trocknung eingesetzt werden kann, ist eine Filtration der Luft erforderlich. Dadurch werden feine Partikel aus der Luft abfiltriert. Die verbrauchten Luftfilter werden nach den Angaben der Hersteller entsorgt. Zur Entfeuchtung der zur Trocknung verwendeten Luft wird eine Lithiumchloridlösung innerhalb der Luftaufbereitungsanlage im Kreislauf geführt. Im sogenannten Konditionierer nimmt die Lithiumchloridlösung die Feuchte aus der Luft auf (Konzentration sinkt) und wird anschließend im sogenannten Regenerator regeneriert. Zur Regenerierung wird die Lithiumchloridlösung mit Heißwasser erwärmt, ein Teil des Wassers aus der Lösung entweicht → Konzentration der Lösung steigt.

Die für die Trocknung notwendige konditionierte Luft wird problemlos von der Anlage mit den vorgegebenen Werten erzeugt (Abbildung 16).



*Abbildung 16 - Luftaufbereitungsanlage (teilweise) und Puffertank Wasserrückkühlanlage mit Wärmetauscher, Foto Gelinova*

Insgesamt ist der Abwasseranfall aus der Produktion gering. Das anfallende Abwasser stammt überwiegend aus den Reinigungsprozessen und wird in einem Sammelbecken gesammelt und anschließend einer Neutralisationsanlage zugeführt. Der Austrag aus dem Sammelbecken in die Neutralisationsanlage wird über das Niveau gesteuert. Durch Mischung von sauren und alkalischen Reinigungslösungen wird eine Vorneutralisation erreicht. Dies führt zu einer Einsparung von Chemikalien in der eigentlichen Neutralisation.

Mit dem BHKW wird der Energiegehalt der eingesetzten Primärenergie (Gas) optimal ausgenutzt. Der Betrieb des BHKWs und die Produktion der Biofolie sind aneinandergekoppelt.

Diese Kopplung stellt sicher, dass sowohl die elektrische Energie als auch die thermische Energie für die Herstellung der Biofolie effizient eingesetzt werden kann. Zusätzlich wird über ein „Wärmemanagementsystem“ (Sammelbehälter für Heiß-, Warmwasser) so viel wie möglich an Energie aus den Prozessen und dem Betrieb der Anlagen zurückgewonnen. In den Wintermonaten wird das Bürogebäude mit Heißwasser aus der Produktion beheizt.

Zur Erzeugung von Dampf für die Produktion wurde ein elektr. Schnelldampferzeuger installiert. Die Erzeugung von Dampf erfolgt gegenüber einem Großraumkessel sehr schnell und effizient, da ein deutlich geringeres Wasservolumen erwärmt werden muss. Prozessdampf wird zur Reinigung (Sterilisation) der Prozessanlagen benötigt.

Im Dauerbetrieb kann der Energieverbrauch (Strom und Wärme) mit dem BHKW abgedeckt werden (Abbildung 17 und Abbildung 18). Die Abbildungen 19 und 20 zeigen die Schneid- und Zählmaschine. In der Abbildung 21 ist die Verpackungsanlage abgebildet.



Abbildung 17 - BHKW, Foto Gelinova





Abbildung 18 - Warmwasserspeicher, Foto Gelinova

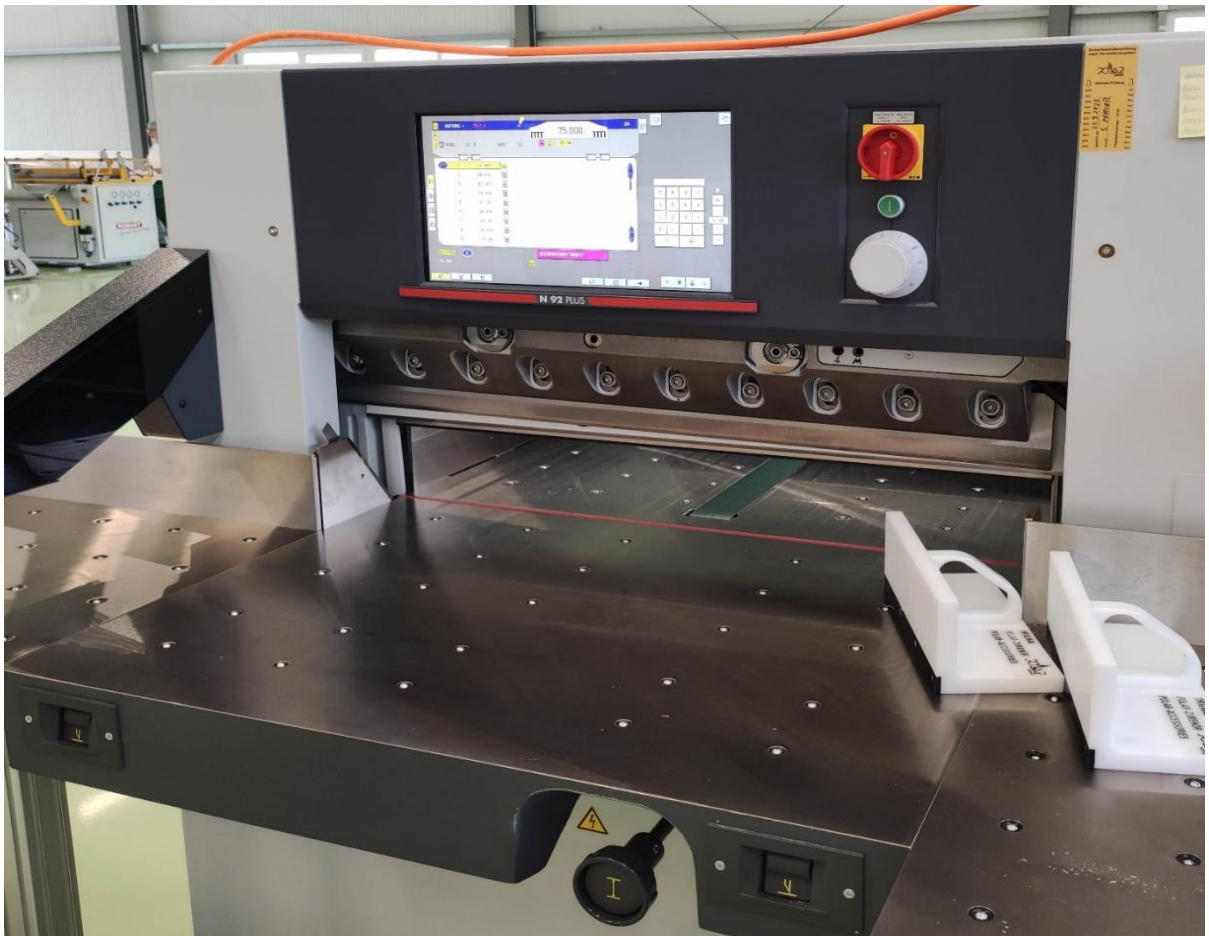


Abbildung 19 - Schneidanlage für Formate zum Verpacken, Foto Gelinova



Abbildung 20 - Zählmaschine, Foto Gelinova

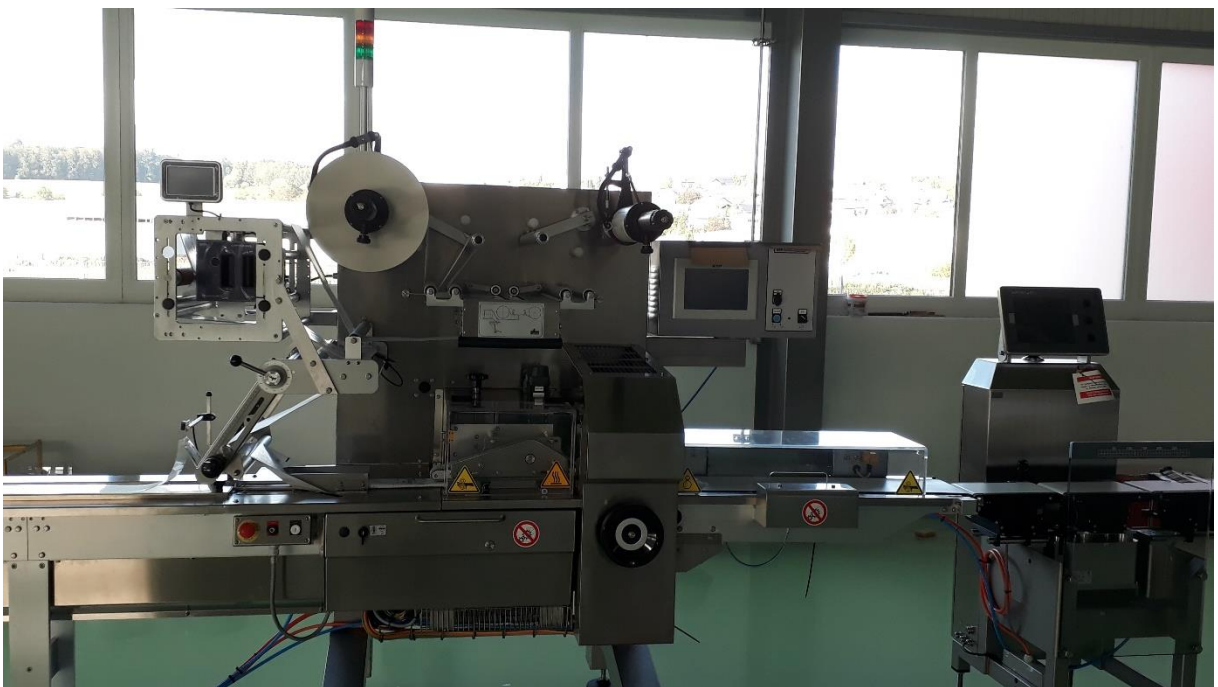


Abbildung 21 - Verpackungsanlage, Foto Gelinova

### **Änderungen im Projektverlauf**

Aufgrund der Komplexität der Trocknungsanlage und des neuartigen Verfahrens zur Herstellung von Biofolie, dauerte die Inbetriebnahme deutlich länger als geplant, so dass die Laufzeit des Projektes verlängert werden musste.

Das PET-Prozessband erlaubt bedauerlicherweise nur eine einseitige Trocknung. Diese einseitige Trocknung führt dazu, dass die Gelatinefolie erst ab einem Restfeuchtewert von ca. 16 % vom Träger abgelöst werden kann. Bei höherer Auftrocknung löst sich die Gelatinefolie bereits von selbst von der Unterlage und kann nicht mehr einwandfrei dem Trocknerende zugeführt werden (Ablösung in Zone 6 oder schon Zone 5). Aus diesem Grund war es unbedingt erforderlich, die Folie nach Ablösung vom Träger von 16% auf einen Wert von 10 bis 14 % nach Verlassen des vorhandenen Trockners herunter zu trocknen. Die Produktspezifikation beläuft sich auf 10-15 %. Als Idealfeuchte wurde ca. 13 % ermittelt. Diese restliche Auftrocknung von 16 auf ca. 13 % ist nur geringfügig und mühelos möglich und wurde schon durch Exposition an der Hallenluft erreicht. Dies ist aber eine undefinierte und unhygienische Trocknungsbedingung, daher erfolgte der Aufbau eines Nachtrockners.

Viel entscheidender als dieses Restfeuchteproblem war aber der „Curl“. Bedingt durch eine sehr hohe Spannung in der abgelösten Gelatinefolie, die in der oberen Schicht nach Verlassen der letzten Trocknungszone bereits sehr hoch aufgetrocknet ist, während die untere Schicht noch extrem feucht ist, da sie ja überhaupt nicht der Trocknungsluft ausgesetzt war, resultiert zwischen diesen beiden Zuständen/Schichten ein sehr rasch einsetzender Curl, d.h. die Folie wölbt und kringelt sich so schnell, dass sie im Extremfall der Schneidanlage nicht einwandfrei zugeführt werden kann.

Auch aus diesem Grund (Curl) musste eine Nachrocknungsstrecke/Konditionierungsstrecke (Abbildung 22) aufgebaut werden. Die Minimierung des Curl erfolgt gleichzeitig mit der Nachrocknung, so dass aufgrund des Ausgleichs des Spannungszustandes diese auch als „Konditionierungsstrecke“ bezeichnet werden könnte. Versuche ergaben, dass bei einer Verweilzeit von mindestens 15-20 Min. die Curl-Neigung extrem stark minimiert werden konnte. Die „nasse“ Unterseite wird zum Gleichgewicht mit der oberen Schicht aufgetrocknet. Die Nachrocknungsstrecke, die zugleich also Konditionierungsstrecke ist, wurde so gestaltet, dass sie diese Bedingungen zur Curl-Minimierung erfüllt.

Der Nachrockner wurde zwischen dem bestehenden Trockner und der Schneidanlage (für Großformate) aufgebaut. Es war kein zusätzlicher Anbau an die Produktionshalle erforderlich. Das Luftvolumen erhöhte sich minimal, da ein zusätzlicher Ventilator zum Umwälzen der Trocknungsluft benötigt wurde. Insgesamt ist die zur Verfügung stehende Luftmenge (kommend von der Luftaufbereitungsanlage) ausreichend. Zusätzlich erhöht sich der Stromverbrauch geringfügig um ca. 10 kW (bei Volllast). Der zusätzliche Strombedarf kann über das BHKW abgedeckt werden.



*Abbildung 22 - Nachtrockner, Foto Gelinova*

Aufgrund der hohen technischen Herausforderungen wurde nur ein Teil der Verpackungsanlage, d.h. eine Verpackungsmaschine für die Kleinverpackung, aufgebaut.

Damit konnte das Projekt erfolgreich zu Ende gebracht werden. Die Abbildungen 23 bis 25 zeigen Bilder von geschnittenen Gelatinemustern sowie von Biofolie.



*Abbildung 23 - geschnittene Formate (77 cm x 11,5 cm) für die Schneidanlage Kleinformate, Foto Gelinova*



*Abbildung 24 - geschnittene Kleinformate (7 cm x 11,5 cm, 6-er Stapel), Foto Gelinova*



*Abbildung 25 - Produkt Biofolie, Foto Gelinova*

Nachdem die Formate (77 x 11,5 cm) ohne zu curlen hergestellt werden konnten, wurde die Schneidanlage 2 zur Herstellung der Kleinformate in Betrieb genommen.

Für einen ordentlichen Betrieb musste die Schneidanlage 2 mehrmals durch den Hersteller optimiert werden. Insgesamt zeigte sich aber, dass die Anlage die geplante Schneidkapazität nicht erreicht. Die beiden Schneidanlagen wurden gegen eine kompakte und effektive Schneidanlage (Abbildung 19) ausgetauscht.

In der neuen Schneidanlage werden die Formate (77 x 11,5cm) nicht mehr zu 6-er oder 12-er Stapel geschnitten, sondern es werden Stapel mit bis zu 100 Kleinformaten (7 x 11,5 cm) geschnitten. Die geschnittenen Stapel werden gesammelt und anschließend mit Zählmaschinen (Abbildung 20) zu 6-er oder 12-er Stapel vereinzelt und der Verpackungsmaschine (Abbildung 21) zugeführt.

Bedingt durch die weiterhin andauernde Optimierung des Herstellungsprozesses für die Herstellung von Blattgelatine, der Optimierung des Herstellungsprozesses für Folie aus Gelatine und den vorliegenden Produktionsaufträgen wurde die Verarbeitung der beiden Hydrokolloide Pektin und Agar-Agar bisher noch nicht angegangen.

Nach der Optimierung des Herstellungsprozesses für Blattgelatine und Folie aus Gelatine ist geplant die ersten Vorbereitungsversuche mit Agar-Agar durchzuführen.

#### 2.4. Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

Es liegt keine behördliche Auflage vor.

#### 2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Die Erfassung und Aufbereitung der notwendigen Betriebsdaten wurde entsprechend den nachfolgenden Messstellen erfasst:

*Tabelle 2 - Messstellen zur Ermittlung der Betriebsdaten*

Verarbeitete Menge	Ausgangsprodukt	kg	Chargenweise	Gelinova	Produktionsprotokoll
Produzierte Menge	Endprodukt	kg	Chargenweise	Gelinova	Produktionsprotokoll
Strombezug für Produktion	el. Energie	kWh	Chargenweise	Gelinova	Hauptzähler Strombezug
Stromeinspeisung während der Produktion (BHKW)	el. Energie	kWh	Chargenweise	Gelinova	Hauptzähler Einspeisung
Gasbezug	Erdgas	kWh	Chargenweise	Gelinova	Hauptzähler Gas + Lastgangdaten vom Gaslieferanten
Abwasser (Produktion)	Abwasser	m <sup>3</sup>	Chargenweise	Gelinova	Chargenzähler Abwasseranlage
Wasser zum Auflösen (Produktion)	Wasser	m <sup>3</sup>	Chargenweise	Gelinova	Über Faktor Auflösung berechnet

Anmerkung Strombezug / Strombedarf: Für die Ermittlung des Strombezugs/Einspeisung (Produktion) wird der Strombedarf für das Bürogebäude herausgerechnet.

Anmerkung Gasbezug: Für die Ermittlung des Gasbezugs zur Erzeugung der Wärmeenergie wird der Anteil für die Heizung des Bürogebäudes herausgerechnet.

## 2.6. Konzeption und Durchführung des Messprogramms

Die Energieverbräuche für Strom, Gas, Wasser und Abwasser wurden anhand von installierten Energieverbrauchszählern ermittelt.

Für die Ermittlung der Verbrauchswerte wurden im 3 Schichtbetrieb über 3 Tage produziert.

Die Emissionsmessungen des BHKWs wurden im Abgasstrom, zusammen mit dem TÜV und dem Anlagenhersteller, bei drei verschiedenen Laststufen ermittelt (siehe Tabelle 6, Tabelle 7 und Tabelle 8).

## 3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung

### 3.1. Bewertung der Vorhabendurchführung

Die während des Inbetriebnahme- und Testphase aufgetretenen Probleme wurden systematisch untersucht und konnten – teilweise in Zusammenarbeit mit den Anlagenherstellern – gelöst werden.

Der Hauptfokus der Einspareffekte liegt im Bereich der Einsparung von Primärenergie und somit auch auf der Reduzierung der CO<sub>2</sub> Emission.

Die Einsparziele beim Strom- und Gasverbrauch konnten erreicht werden. Die Ziele für die Reduzierung des Wasserbedarfs und des Abwasseranfalls konnten ebenfalls erreicht werden. Die nachfolgende Tabelle 2 zeigt einen Vergleich des neuen Verfahrens (Zielsetzung) mit dem bestehenden und die zum Projektende erreichten Istwerte.

*Tabelle 3 - Vergleich des neuen Verfahrens mit dem bestehenden*

Verfahren	Bisheriges Verfahren	Gelinova GmbH		
		Zielsetzung		Zum Projektende erreicht
Wasserverbrauch l/kg Folie	52	12,7	Gesamt + Reinigung + Auflösung	7,26 <sup>(1)</sup> (6,06) (1,2)
Abwasser l/kg Folie	52	5,0		6,06 <sup>(2)</sup>
Stromverbrauch kWh/kg Folie	1,75	0,2 (Netzstromverbrauch)	Herstellungsprozess (gesamt)  Eigenstromerzeugung  Netzstromverbrauch	2,34  2,18  0,157

Erdgasverbrauch kg/kg Folie	0,694	0,582		0,406
kg CO <sub>2</sub> /kg Folie	3,16	1,92		1,09 <sup>(3)</sup>
Einsparung Tonnen CO <sub>2</sub> bei 600 t Folie/Jahr	-	746	768	768 <sup>(3)</sup>

(1)+(2) Der gesamte Wasserverbrauch setzt sich aus dem Wasserverbrauch für die Reinigung (6,06 l/kg) und dem Wasserverbrauch für das Auflösen der Gelatine (1,2 l/kg Folie) zusammen.

(3) Basis für die Berechnung der zum Ende erreichten CO<sub>2</sub> Einsparung:  
 Informationsblatt CO<sub>2</sub>-Faktoren, Stand 01.11.21, Version 1, Bundesförderung für Energie und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft-Zuschuss, Herausgeber: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle.  
 Link: [https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/eew\\_infoblatt\\_co2\\_faktoren\\_2021.html](https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/eew_infoblatt_co2_faktoren_2021.html)

## **Erläuterung zu Tabelle 2**

### **Allgemein:**

Mit dem Einsatz eines effizienten BHKWs wird der gesamte Wärmebedarf für die Herstellung der Folie abgedeckt. Neben der Wärmeerzeugung wird Eigenstrom produziert, der direkt für die Herstellung der Folie verwendet wird und nicht aus dem öffentlichen Stromnetz bezogen werden muss.

### **Gas:**

Mit einem Gasverbrauch von durchschnittlich 0,406 kg/kg Folie liegt der Wert um 0,176 kg/kg Folie unterhalb des geplanten Verbrauchswerts von 0,582 kg/kg Folie.

Gegenüber dem bisherigen Verfahren liegt der Verbrauch um 0,288 kg/kg deutlich unter dem bisherigen Verfahren. Diese effektive Nutzung des Gases zur Wärmeerzeugung und Stromerzeugung bedingt eine enorme Einsparung an CO<sub>2</sub>-Emissionen (siehe Tabelle 5).

### **Strom:**

Der gesamte Stromverbrauch für die Herstellung der Folie liegt mit 2,34 kWh/kg Gelatine. In den 2,34 kWh ist der gesamte Strombedarf – einschließlich der Strombedarf für die elektrische Dampferzeugung, für die Auflösung und für die Erhitzung der Gelatinelösung – enthalten. Beim bisherigen Verfahren werden die Prozessschritte „Auflösen und Erhitzung“ mit Dampf oder Warmwasser durchgeführt.

Von den 2,34 kWh/kg Gelatine werden 2,18 kWh/kg Gelatine durch die Eigenstromerzeugung mittels BHKW abgedeckt. Der Netzstromverbrauch liegt somit bei 0,157 kWh/kg Gelatine. Der geplante Stromverbrauch - aus dem öffentlichen Netz - von 0,2 kWh wird somit unterschritten.

### **Wasser /Abwasser:**

Die geplanten Ziele für den Wasserverbrauch wurden mit Ist = 7,261 l/kg Folie (Soll = 12,7l) erreicht, der Abwasseranfall mit Ist = 6,061 l/kg Folie (Soll = 5,0 l) wurde leicht überschritten.



Im Vergleich zu dem bisherigen Herstellungsverfahren konnten die Verbrauchswerte aber deutlich gesenkt werden.

Nachfolgend werden die mit dem neuen Verfahren herstellbaren Produkte mit den Möglichkeiten bestehender Verfahren verglichen (Tabelle 4).

*Tabelle 4 - Vergleich der mit dem neuen Verfahren herstellbaren Produkte mit den Möglichkeiten bestehender Verfahren*

Produkt	Bisheriges Verfahren	Gelinova GmbH	
		Zielstellung	Zum Projektende erreicht
Blattgelatine für Lebensmittel	+	+	+
Pektin für Lebensmittel	-	+	Aktuell nicht verfolgt, Thema war Gelatine (Blattgelatine) und Biofolie
Agar-Agar für Lebensmittel	-	+	
Biofolie als Rollenware	-	+	Projekt initiiert
Biofolie als Verpackung	-	+	Markteinführung steht in 2024 an

Weitere Bewertungen zur Vorhabensdurchführung:

Das sogenannte „Curlen“ der Gelatine nach dem Ablösen vom Trägerband konnte durch die Installation eines Nachrockners beseitigt werden.

Die Gesamtinvestitionskosten des Projektes liegen – trotz nachträglicher Installation eines Nachrockners – in der gleichen Größenordnung der ursprünglich geplanten Kosten.

Inzwischen läuft die Produktion zweischichtig. Ein weiteres Hochfahren der Produktion steht an. Aktuell (Stand Okt. 23) wurden 26 Arbeitsplätze geschaffen davon sind 4 mit geringfügiger Beschäftigung“. Bei Erreichen der Vollausslastung werden insgesamt 30-35 Mitarbeiter beschäftigt.

Neben der Herstellung von Blattgelatine wurden die ersten Projekte – in Zusammenarbeit mit Verpackungsherstellern - für die Herstellung von Biofolie auf der Basis von Gelatine (biologisch abbaubare Folie) umgesetzt. Die Markteinführung ist 2024 zu erwarten. Ein neues Patent wurde angemeldet und ist erteilt. Patent Nr.: DE 10 2021 128 244, Verfahren zur Herstellung von Gelatinefolie und zur Herstellung von Gelatine-Formteilen.

3.2. Stoff- und Energiebilanz

Die ermittelten Stoff- und Energiebilanzen sind nachfolgend zusammengestellt.

Verringerung des Wasserverbrauches um 85 %

<i>Bisheriges Verfahren</i>	<i>Gelinova-Verfahren</i>	<i>Einsparung pro Jahr (bei 600 Tonnen pro Jahr, 1,00 € je m<sup>3</sup> Wasser) *</i>
52 l/kg Folie	7,26 l/kg Folie	26.844,00 €

Verringerung des Abwasseraufkommens um 88 %

<i>Bisheriges Verfahren</i>	<i>Gelinova-Verfahren</i>	<i>Einsparung pro Jahr (bei 600 Tonnen pro Jahr, 2,50 € je m<sup>3</sup> Abwasser) *</i>
52 l/kg Folie	6,06 l/kg Folie	68.910,00 €

Senkung des Stromverbrauchs aus dem öffentlichen Netz um 90 %

<i>Bisheriges Verfahren</i>	<i>Gelinova-Verfahren</i>	<i>Einsparung pro Jahr (bei 600 Tonnen pro Jahr, 0,15 € je kWh Strom) *</i>
1,75 kWh/kg Folie	0,157 kWh/kg Folie	143.190 €

Senkung des Erdgasverbrauchs um 41 %

<i>Bisheriges Verfahren</i>	<i>Gelinova-Verfahren</i>	<i>Einsparung pro Jahr (bei 600 Tonnen pro Jahr, 0,23 € je kg Erdgas) *</i>
0,694 kg/kg Folie	0,406 kg/kg Folie	39.744,00 €

\*Anmerkung: für die Berechnung der Einsparung wurden die „alten“ im Antrag angegebenen Energiepreise angesetzt.

Nachdem der gesamte Herstellungsprozess – Auflösen der Gelatine bis Verpacken – soweit etabliert war, wurde damit begonnen, die Verbrauchswerte für die Erstellung der Energiebilanzen zu ermitteln. Für die Ermittlung der Verbrauchswerte wurde im 3-Schichtbetrieb über 3 Tage produziert.

Zur Zeit wird die Produktion im 2-Schicht-Betrieb durchgeführt. Es ist geplant die Produktion – je nach eingehenden Aufträgen – hochzufahren. Für den geplanten 3-Schicht-Betrieb von Mo-Sa, werden aktuell die Mitarbeiter intern ausgebildet. Die angestrebte Produktionskapazität liegt bei ca. 600 t/Jahr.

### 3.3. Umweltbilanz

#### CO<sub>2</sub>-Bilanz

Tabelle 5 - CO<sub>2</sub>-Bilanzierung

	Ist	Plan	Ist	Einsparung zum bestehenden Verfahren	Einsparung bei 600 to / a	CO <sub>2</sub> Einsparung / a bezogen auf 600 to / a
Energieträger	Bestehendes Verfahren	Gelinova	Gelinova			
Gas	0,694 kg / kg Folie	0,582kg / kg Folie	0,406 kg / kg Folie	0,288 kg / kg Folie	2.110 MWh	424,2 t
Strom	1,75 kWh / kg Folie	0,2 kWh / kg Folie	0,157 kWh / kg Folie	1,59 kWh / kg Folie	955,8 MWh	349,8 t
Wasser	52 l / kg Folie	12,7 l / kg Folie	7,261 l / kg Folie	44,739 l / kg Folie	26.843 m <sup>3</sup>	7,2 t
Abwasser	52 l / kg Folie	5,0 l / kg Folie	6,061 l / kg Folie	45,939 l / kg Folie	27.563 m <sup>3</sup>	6,1 t
CO <sub>2</sub> Menge / 600t	1.425,25 t	904,5 t	634,8 t			786,7 t
Einsparung in %		36,5 %	44 %			56 %
CO <sub>2</sub> Faktoren für Energieträger						
Gas: = 0,201 t CO <sub>2</sub> / MWh						
Strom = 0,366 t CO <sub>2</sub> / MWh						
Wasser = 0,00033 t / t (m <sup>3</sup> )						
Abwasser = 0,000274 t / t (m <sup>3</sup> ) aus ProBas – Prozessdetails : Abwasser- Reinigung – DE 2005						

Link: [https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/eew\\_infoblatt\\_co2\\_faktoren\\_2021.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/eew_infoblatt_co2_faktoren_2021.pdf?__blob=publicationFile&v=5)

### Emissionswerte BHKW

Bei der vorgeschriebenen Emissionsmessung des BHKWs wurden folgende Emissionswerte ermittelt (Zusammenfassung). Die Emissionsmessung wurde vom TÜV Süd zusammen mit den Anlagenhersteller durchgeführt.

*Tabelle 6 - 1. Messung nach Inbetriebnahme Messung am 23.05.2022*

Quelle	Messkomponente	Einheit	Maximaler Messwert minus UP	Maximaler Messwert plus UP	Emissionsbegrenzung	Betriebszustand
Reingas	Kohlenmonoxid (CO)	mg/m <sup>3</sup> N,tr	19	24	150	Volllast
Reingas	NOx als NO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> N,tr	0	5	125	Volllast
Reingas	Methan	g/m <sup>3</sup> N,tr	0,2	0,2	1	Volllast
Reingas	Formaldehyd (HCHO)	mg/m <sup>3</sup> N,tr	0,1	0,3	5	Volllast

*Tabelle 7 - 2. Messung nach ½ Jahren nach der Inbetriebnahme Messung am 25.10.2022*

Quelle	Messkomponente	Einheit	Maximaler Messwert minus UP	Maximaler Messwert plus UP	Emissionsbegrenzung	Betriebszustand
Reingas	Kohlenmonoxid (CO)	mg/m <sup>3</sup> N,tr	12	16	150	Schwachlast
Reingas	NOx als NO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> N,tr	28	31	125	Volllast
Reingas	Methan	g/m <sup>3</sup> N,tr	0,1	0,1	1	Teillast
Reingas	Formaldehyd (HCHO)	mg/m <sup>3</sup> N,tr	0,0	0,2	5	Teillast

*Tabelle 8 - 3. Messung nach 1,5 Jahren nach der Inbetriebnahme Messung am 30.10.2023*

Quelle	Messkomponente	Einheit	Maximaler Messwert minus UP	Maximaler Messwert plus UP	Emissionsbegrenzung	Betriebszustand
Reingas	Kohlenmonoxid (CO)	mg/m <sup>3</sup> N,tr	5	8	150	Schwachlast
Reingas	NOx als NO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> N,tr	52	58	125	Volllast
Reingas	Methan	g/m <sup>3</sup> N,tr	0,09	0,10	1	Schwachlast
Reingas	Formaldehyd (HCHO)	mg/m <sup>3</sup> N,tr	0,05	0,19	5	Volllast

Mit dem Einsatz eines hocheffizienten BHKWs wird nicht nur der Primärenergiebedarf für die Strom- und Wärmeversorgung deutlich gesenkt, sondern auch der Ausstoß an Emissionen deutlich reduziert.

Die geforderten Grenzwerte werden alle eingehalten und deutlich unterschritten.

#### 3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die mit dem Projekt erzielten wirtschaftlichen Effekte sind nachfolgend zusammengestellt (Stand Antragsstellung).

Die geplante Produktionskapazität liegt bei ca. 600 to/Jahr.

Betriebskosten:

Kosten Rohmaterial für 600 t	2.700.000 Euro
Kosten Energie	500.000 Euro
Verpackungsmaterial	600.000 Euro
Personalkosten (30 - 35 Mitarbeiter)	1.375.000 Euro
Sonstige Kosten	630.000 Euro
Gesamtkosten	5.805.000 Euro
Erlöse (13,00 Euro/kg)	7.800.000 Euro
Gewinn (vor Steuern)	1.995.000 Euro

Amortisationszeit (Anlageninvestition 8.214.380 Euro + Gebäude 2.690.186 Euro)/1.995.000 Euro = 5,5 Jahre.

Der Markt für Blattgelatine ist sehr stabil und wurde bisher unter zwei Wettbewerbern (Fa. Gelita AG und Fa. Ewald Gelatine GmbH) aufgeteilt. Das Marktvolumen für Blattgelatine lag 2014 bei ca. 3200 t. Zu den Abnehmern (Kunden) für Blattgelatine gehören z.B. Dr. Oetker, Ruf, Bäko, Lidl, Aldi, Migros (CH) etc. Das Volumen des Gesamtmarktes lässt einen dritten Wettbewerber zu. Der zur Herstellung von Blattgelatine benötigte Rohstoff Gelatine wird bevorzugt von europäischen Gelatineherstellern, wie z.B. Reinert, Nienburg Gelatine GmbH, Rousselot, Weishardt oder Trommelen bezogen. Der Bezug von Agar-Agar erfolgt über Handelsunternehmen wie z.B. die Fa. Roeper.

Der Vorteil für die erfolgreiche Vermarktung der Blattgelatine durch die Gelinova besteht darin, dass die Fertigung kostengünstiger und die Produktqualität hochwertiger sein wird. Für eine bestimmte Produkteigenschaft, völlig neu, ist noch das Schutzrecht gewährt (Thermoplastische Verformung). Nummer: DE10 2021 128 244 vom 15.12.22)

## 4. Übertragbarkeit

### 4.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Trotz verschiedener Vorversuche zu den Prozessschritten Auflösen, Entgasen und Trocknen, zeigte sich während der Inbetriebnahme der Anlagen, dass das neuartige Verfahren deutlich komplexer und aufwendiger war als erwartet. Besonders das Gießen der Gelatinelösung auf das Trägerband und der Trocknungsprozess waren deutlich komplexer als angenommen. Durch gezielte Prozessanpassungen – teilweise in Zusammenarbeit mit den Anlagenherstellern – war es möglich, den Gieß- und Trocknungsprozess erfolgreich zu gestalten. Insgesamt dauerte die geplante Inbetriebnahme deutlich länger.

Ziel des Unternehmens war es, ein neues Herstellungsverfahren zu etablieren bei dem der Herstellungsprozess deutlich vereinfacht wird und zusätzlich der Primärenergiebedarf und somit der CO<sub>2</sub>-Ausstoß deutlich reduziert wird. Das angestrebte Ziel – Einsparung von 746 t CO<sub>2</sub> – konnte erfolgreich erreicht bzw. nach aktuellem Stand sogar übertroffen werden.

Nachdem der Herstellungsprozess etabliert war, wurden die ersten Muster zur Bemusterung erfolgreich und in sehr guter Qualität hergestellt. Die Muster wurden zur Bemusterung an mehrere Kunden ausgeliefert und für gut befunden.

Die Produktion läuft aktuell im 2-Schichtbetrieb.

Neben der Blattgelatineproduktion wurden die ersten Projekte – in Zusammenarbeit mit Verpackungsmittelherstellern – für den Einsatz von Biofolie aus Gelatine realisiert. Die Markteinführung steht in 2024 an.

### 4.2. Modellcharakter/Übertragbarkeit (Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens/der Anlage/des Produkts)

Der Weltmarktführer in der Gelatineproduktion, die Gelita AG, stellt jährlich ca. 100.000 Tonnen Gelatine her. Dies entspricht ca. 30 % des Weltmarktes. Ein Teil der Produktion erfolgt auch als Blattgelatine. Der europäische und weltweite Markt hierfür beträgt ca. 3.000 bis 4.000 Tonnen pro Jahr.

Weitere Anwendungsmöglichkeiten der neuen Technologie liegen im Bereich hochwertiger Verpackungen für die Lebensmittel- und Pharmaindustrie sowie in der Verarbeitung von Agar-Agar und anderen pflanzlichen Hydrokolloiden.

Neben der großtechnischen Einführung einer neuen ressourcensparenden Technologie wird auch ein neues Produkt (Biofolie) hergestellt, welches sich aufgrund seiner Eigenschaften besser für nachfolgende Verarbeitungsschritte eignet. Die gemeinsame Recyclierung von Papier und Gelatine, also keine getrennte Entsorgung von Papier und Kunststofffolien wurde im Technikum erfolgreich geprüft.

Das technologische Prinzip ist auf die Fertigung aller Biofolien auf Basis von Hydrokolloiden (Gelatine, Agar-Agar etc.) übertragbar.

Die eingesetzten Fertigungstechnologien und die daraus resultierenden reduzierten Fertigungskosten, die neben einer Senkung des Materialbedarfs auch gleichzeitig sichtbar machen

sollen, dass am Produktionsstandort Deutschland Biofolien im industriellen Maßstab gefertigt werden können, wird eine Signalwirkung für die Herstellung verschiedener Biomaterialien auch in anderen Branchen entfalten.

Weiterhin wird gezeigt, dass durch eine effiziente Nutzung der von BHKWs bereitgestellten Energievarianten der zusätzliche Bedarf an externer Energie minimiert wird und somit Kosten für Stromleitungen, Transformatorenstationen und Sicherheitseinrichtungen entfallen können.

Mit den eingesetzten Fertigungsverfahren sind keine Cross-Media-Effekte wie Schadstoffverlagerungen oder Schadstoffanreicherungen verbunden. Da im Vergleich zu bestehenden Verfahren weniger Materialien und Hilfsstoffe eingesetzt werden, entstehen weniger Fertigungsabfälle.

Mit dem geplanten Vorhaben wird ein Produkt auf biologischer Basis realisiert, welches durch die schonendere Verarbeitung ein effizienteres Handling ermöglicht und bessere Gebrauchseigenschaften besitzt. Damit wird die Anwendungsbreite erhöht.

Die Umstellung des herkömmlichen Lösevorgangs auf das Lösen mittels Extruder führt zu einer signifikanten Energieeinsparung im gesamten Fertigungsprozess, da die erforderliche thermische Energie deutlich reduziert werden kann.

Weiterhin fallen mehrere bislang manuell notwendige Bearbeitungsschritte beim Verpacken weg.

Die branchenspezifische Kommunikation ist für das Unternehmen Gelinova GmbH ein wichtiger Faktor zur schnellen Erschließung des Marktes, da es u.a. im Bereich Verpackungen bisher kaum aktiv war.

Das Demonstrationsvorhaben ist gleichzeitig für mehrere Industriebereiche von Bedeutung:

- Lebensmittel (Blattgelatine)
- Verpackungen aus Biofolie
- Neue Produkte aus biologischen Materialien

Für diese Bereiche sind Aktivitäten zu Messen (Interpack in Düsseldorf, Anuga in Köln, ISM in Köln, Ausschuss nachwachsende Rohstoffe etc.), sowie Informationsveranstaltungen und Veröffentlichungen vorgesehen. Bei der Fa. Smith, Fulda wurde das Thema „Biofolie aus Gelatine“ mehrfach vorgetragen.

Weiterhin ist vorgesehen, das Demonstrationsprojekt einer breiten Öffentlichkeit deutschlandweit über Presse und Fernsehen vorzustellen. Damit können gleichzeitig energie- und materialsparende Fertigungsverfahren und neue Produktideen aus Biofolie gezeigt werden.

Das Netzwerk der Gelinova GmbH ist durch die Mitarbeit und Mitgliedschaft von Herrn Dr. Koepff in folgenden Verbänden und Arbeitsgruppen sichergestellt:

- VCI (Verband der chem. Industrie)
- Dechema

- GdCh (Gesellschaft deutscher Chemiker)
- VGCT (Verein für Gerbereichemie und Technologie)
- IAGS (International Advanced Gelatin Science Society, dort Präsident)
- IHK (Rhein-Neckar), Mitglied im Ausschuss: Industrie und Forschung
- food.net:z: Gelinova GmbH ist Mitglied in der Organisation food.net:z (aufgebaut vom Landratsamt Rhein-Neckar-Kreis)

Des Weiteren ist Herr Dr.- Ing. Peter Koepff zum Ehrensensator der Universität Heidelberg bestellt worden.

## 5. Zusammenfassung/ Summary

### 5.1. Zusammenfassung

Die Gelinova wurde 2001 gegründet und ist seitdem im Bereich der Lebensmittelindustrie, speziell in der Pharma- und Gelatineindustrie tätig. Auf Basis vorhandener Schutzrechte wird seit Mitte 2015 intensiv an der Umsetzung und weiteren Optimierung der Verfahrensschritte zur Herstellung von Biofolie mit einem neuen, ressourcenschonenden Verfahren gearbeitet (DE 10 2021 128 244)

Mit der angestrebten Produktionskapazität von ca. 600 t/Jahr ist die Gelinova GmbH im Vergleich zu den am Markt befindlichen Wettbewerbern relativ klein.

Im Vergleich zu den Wettbewerbern konnten einige energieintensive Prozessschritte in einem Prozessschritt zusammengefasst werden.

Zusätzlich konnte die Konzentration der zu verarbeitenden Gelatinelösung deutlich erhöht werden, was eine signifikante Energieeinsparung, vor allem in gesamten Trocknungsprozess, ermöglichte.

Ein weiterer wichtiger Punkt war, dass der sonst übliche thermische Energieträger Dampf größtenteils durch Heißwasser ersetzt werden konnte und damit den Einsatz eines BHKWs ermöglichte.

In der Planung wurden die Prozesse so gestaltet, dass der theoretische Verbrauch an Strom und Wärme mit der Erzeugung durch das BHKW in Einklang waren. In der Praxis hat sich gezeigt, dass ein kleiner Teil an Strom aus dem öffentlichen Netz bezogen werden muss.

Die tatsächlichen Energieverbräuche liegen alle unter den im Antrag angegebenen Energieverbräuchen (Plan) und somit deutlich unter denen der Wettbewerber.

Das bei der Antragstellung erwartete Ziel – Einsparung von 746 t CO<sub>2</sub> /Jahr – konnte mit einem erreichten Wert von 786,7 t CO<sub>2</sub>/Jahr übertroffen werden.

Das Projekt konnte erfolgreich umgesetzt werden.

### 5.2. Summary

Gelinova was founded in 2001 and has since been active in the food industry, especially in the pharmaceutical and gelatine industry. On the basis of existing property rights, since mid-2015 intensive work has been carried out on the implementation and further optimization of



the process steps for the production of biodegradable foil based on a new, resource-saving process (DE 10 2021 128 244)

With the intended production capacity of about 600 t/year, Gelinova GmbH is relatively small compared to the competitors in the market.

Compared to the competitors, some energy-intensive process steps could be concentrated in one process step.

In addition, the concentration of the gelatine solution to be processed could be significantly increased, which allowed major energy savings, especially in the entire drying process.

Another important point is that the usual thermal energy carrier steam could largely be substituted by hot water, which enabled the use of a CHP unit.

In the planning, the processes were designed in such a way that the theoretical consumption of electricity and heat were in line with the generation by the CHP. In practice, it has been shown that a small part of electricity must be obtained from the public grid.

The actual energy consumption is definitely below the energy consumption (plan) stated in the application and thus significantly lower than that of the competitors.

The target expected at the time of the application - savings of 746 t CO<sub>2</sub> /year - could be exceeded with an established figure of 786.7 t CO<sub>2</sub>/year.

The project was successfully implemented.

## 6. Literatur

1. Koepff, P., „Verfahren zur Herstellung von Gelatine-Formteilen“, Europa Anmeldung, EP22204325.9, 27.10.2023
2. Koepff, P., „Verfahren zur Herstellung von Gelatinefolie und zur Herstellung von Gelatine-Formteilen“, DE10 2021 128 244, Patenterteilung 15.12.2022
3. Koepff, P., „Biologisch abbaubares, wasserresistentes Polymermaterial“, Patenterteilung 18.01.1995
4. Koepff, P., „Verfahren zur Herstellung von Gelatinefolien“, Patenterteilung 01.02.1990
5. Koepff, P., „Photographic Gelatin – and the World Market“, Presentation 1999 IAG Meeting (International Working Group for photographic gelatin), Louvain-la-Neuve / Belgium, 13.-16. September, 1999
6. Koepff, P., „Photographic Gelatin and major Quality aspects – A General Overview“, International RPS Gelatin Conference 15.-19.09.1997, Cambridge, England
7. Koepff, P., „Characterization of gelatin by NIR-Spectrophotometry“, The Zimkin Memorial conference, 25.06.-02.07.1995. Photographic Gelatin reports, 136ff., Perevezentseva, S., Kazan, ed. (1996)
8. Koepff, P., „Ohne Chemie – oder Sanfte Chemie“?, Vortrag Zonta Heidelberg-Kurpfalz, 21. Januar 1992 / Vortrag Rotary Heidelberg, 8. Mai 1990.

9. Koepff, P., „Thermoplastic properties of gelatin“, RPS Conference on Photographic Gelatin, Sept. 1991, Cambridge.
10. Koepff, P., „Active or inert gelatins – an overview“, International Conference on Photographic Gelatin, IAG, Sept. 1988, Fribourg.
11. Koepff, P., „Gelatine, Herstellung und Einsatz in Lebensmittel-, Pharma- und Photo-Industrie“, Vortrag, Rotary Heidelberg, 4. März 1986, Vortrag, Zonta-Clubs Heidelberg, 7. Oktober 1986
12. Koepff, P., „Photographic gelatin and process validation, quality control (q.c.) and quality assurance (q.a.)“, RPS-Symposium on Photographic Gelatin, Sept. 1985, Oxford.
13. Koepff, P., „History on industrial Gelatin Production with special reference to photographic gelatin“ (International Conference on Photographic Gelatin, Sept. 1983, Fribourg).
14. Koepff, P., „Molmassenverteilung bei der Kollagen-Gelatine-Umwandlung und Thermolyse von Gelatine sowie Verfahren zur Herstellung von peptidarmer Gelatine“, Thesis, Technical University Darmstadt (1982)
15. Koepff, P., „Die Anwendung der Gelelektrophorese bei der Herstellung von Gelatinen – die inerten Gelatinen der zweiten Generation“, Das Leder, 3331 (5), 83 (1980).
16. Koepff, P., „The use of electrophoresis in gelatin manufacture“, RPS Conference on Photographic Gelatin, Sept. 1979, Oxford.
17. Koepff-Hinrichs, K., Koepff, P., „Gelatine in Pharmazie und Medizin“, Pharm. Ind., 36, 2, 104-107 (1974).

## 7. Anhang

Patenterteilung vom 15.12.22, DE 10 2021 128 244, Verfahren zur Herstellung von Gelatinefolie und zur Herstellung von Gelatine-Formteilen.

Erfinder: Dr. Ing. P.Koepff, Patentinhaber: Gelinova GmbH.

Patent Anmeldung, Verfahren zur Herstellung von Gelatinefolie und zur Herstellung von Gelatine-Formteilen, Europa Anmeldung, EP 22204325.9, 27.10.2023.