

**Bewilligungsempfänger**



Abschlussbericht zum Förderprojekt:

**„Industrieller Ersatz von Aluminium- durch  
Papierkapseln für Sektflaschen“  
(PapS)**

Art des Berichtes:

Abschlussbericht zum Vorhaben mit dem Aktenzeichen 38475/01-21, gefördert durch die  
Deutsche Bundesstiftung Umwelt

gefördert durch



Deutsche  
Bundesstiftung Umwelt

[www.dbu.de](http://www.dbu.de)

Verfasser: Fabian Dages

Teningen, Dezember 2024



### **Ergebnisse und Diskussion**

Das Wesentliche Projektergebnis des vorliegenden Projektes ist, dass erstmals Papier, statt Aluminium, für die Verkapselung von (Sekt-)Flaschen im industriellen Prozess eingesetzt werden kann. Die Qualität von perforiertem Papier ist zudem genauso hoch, wie die von Aluminiumkapseln. Ferner wurde das Verfahren vollständig automatisiert und sowohl für Kurz- als auch für Langkapseln erfolgreich demonstriert. Im Rahmen der Automatisierung der Verkapselung von (Sekt-)Flaschen können bis zu 36.000 Flaschen pro Stunde mit einem Ausschuss von weniger als 1 Flasche pro 1 Mio. verkapselter Flaschen hergestellt werden.

Besonders hervorzuheben sind die mit dem neuen Verfahren einhergehenden Umweltaspekte. Pro Verkapselungsanlage der Fa. Kematec besteht zukünftig das Potenzial bis zu 19,4 kt CO<sub>2</sub> pro Jahr einzusparen. Innerhalb von drei Jahren nach Projektende sollen fünf Anlagen verkauft werden, sodass hier ein Einsparungspotenzial von bis zu 97 kt CO<sub>2</sub> gehoben werden kann.

Zukünftig soll das Verfahren auch für glattes Papier sowie weitere Papiersorten und -arten industrialisiert werden, um die Variantenvielfalt zu erhöhen und mehr Kunden hinsichtlich Ihrer individuellen Ansprüche und deren Marken Kern anzusprechen. Hierzu wird Kematec weiterhin eng mit verschiedenen Papierherstellern kooperieren.

### **Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation**

Nach erfolgter Entwicklung der neuartigen Technologie bis zur Marktreife werden die Ergebnisse veröffentlicht. Bereits während dieser Phase werden die Ergebnisse der Bestandskundschaft sowie auch Fachmessen vorgestellt.

Ferner wird die Fa. Kematec über ihre vielfältigen Vertriebskanäle bestehende Kunden direkt ansprechen und so das Interesse auf die Neuentwicklung lenken, um die neue Technologie zur Verkapselung von (Sekt-)Flaschen mit Papier, statt Aluminium, als innovativen Bestandteil und Verkaufsargument für komplette Verkapselungs-Anlagen einer großen Anzahl von Anwendern vorzustellen. Des Weiteren soll die Technologie durch Präsentationen auf verschiedenen Fachmessen rasch am Markt eingeführt werden.

Neben der aktiven Vermarktung wird nach dem Projektende auch der Aufbau von mehreren Testanlagen bei interessierten Testkunden eine wichtige und bewährte Verkaufsstrategie sein. Mit diesen Testanlagen soll den Interessenten die Möglichkeit gegeben werden, die Anlage im praktischen Einsatz zu sehen sowie deren Leistungsfähigkeit unter realen Testbedingungen bewerten zu können.

### **Fazit**

Im Rahmen des Projektes hat die Fa. Kematec ein neuartiges Verfahren zur Verkapselung von (Sekt-)Flaschen mit Papierkapseln entwickelt. Dadurch hat sich das Unternehmen erfolgreich ein neues Alleinstellungsmerkmal erarbeitet, das dem inhabergeführten Unternehmen einen erheblichen technologischen Vorsprung zu internationalen Marktbegleitern verschafft. Dadurch verspricht sich das Unternehmen einen Wettbewerbsvorteil, der zukünftig zu neuen Umsätzen führen soll.

Technologische haben die im Projekt entwickelten schmalen Kunststoffbacken in Kombination mit den breiten Anfaltbacken mit Einsätzen zu den besten Prozessergebnissen geführt. Durch die Kombination beider Backen-Typen können die Papierfasern von glattem und perforiertem Papier leichter gebrochen werden. Da durch die härteren schmalen Backen eine schärfere Kante beim Vorfalten der Kapsel erzeugt wird, bleibt die Faltung beim Anfaltvorgang formstabiler, wodurch ein akkurates Ergebnis erreicht wird. Papier weist im Vergleich zu Aluminium eine deutlich höhere Rückstellkraft auf, wodurch die Falten sich nach dem Falten geringfügig wieder aufstellen. Dieses Verhalten wird durch vorheriges Bedampfen der Kapseln deutlich reduziert und hat eine enorme Verbesserung der Anfaltung ermöglicht. In den Tests wurden Kapseln mit unterschiedlichen Walzrichtungen, Perforierungen, Länge und Konizität getestet. Dabei hat sich herausgestellt, dass kurze Kapseln mit einer geringen Konizität und einer Perforierung am besten zum Anfalten geeignet sind.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Projektkennblatt .....</b>	<b>2</b>
1. Zusammenfassung .....	6
2. Einleitung.....	7
3. Entwicklungsarbeiten und erreichte Ergebnisse.....	9
4. Fazit .....	14
5. Literaturverzeichnis.....	16

## Verzeichnis von Bildern, Zeichnungen, Grafiken und Tabellen

### Abbildungsverzeichnis:

<i>Abbildung Nr.:</i>	<i>Unter- bzw. Überschrift</i>	<i>Seitenzahl</i>
1	<i>Anfaltkopf mit einem eingebauten Backensatz (links) und fertig geschliffene Standard-Anfaltbacken (rechts) nach dem Stand der Technik.</i>	7
2	<i>Beispielhafte Ergebnisse erster Anfaltversuche mit Papier im Stand der Technik mit ungenügender Qualität für die Anforderungen der Branche.</i>	8
3	<i>Finale Version der entwickelten hybriden Backeneinsätze als CAD-Modell.</i>	11
4	<i>Beispiele für im 3D-Druck hergestellte Muster.</i>	11
5	<i>Schmale Anfaltbacke aus Kunststoff.</i>	12
6	<i>Beispiel für die Verbesserung der Prozessparameter bei Versuchen mit glattem Papier. Dabei steigt die Qualität der Faltung von links nach rechts.</i>	13
7	<i>Beispiele für die Faltung von perforierten Kapseln mit Druck.</i>	13

## 1. Zusammenfassung

Das Projekt zielte darauf ab, die aktuell eingesetzten Aluminiumkapseln für die Verkapselung von Sektflaschen grundlegend durch Papier ersetzen zu können. Nach dem Stand der Technik werden für die Verkapselung von Sektflaschen Kapseln aus reiner Aluminiumfolie verwendet. Sie werden auf den Korken, der zuvor mittels einer Agraffe an der Flasche befestigt wurde, aufgebracht und dienen dazu, den Korken vor Verunreinigungen, Austrocknung und Mottenbefall zu schützen. Zu berücksichtigen war, dass eine Sektflasche per Gesetz unter anderem eine Sektkapsel besitzen muss, so dass solche Sektkapseln für den Verkauf zwingend erforderlich sind. Aufgrund des hohen Energie- und Wasserbedarfs sowie Ressourceneinsatzes in der Herstellung von Aluminium wiesen die im Stand der Technik eingesetzten Kapseln eine verhältnismäßig negative Umweltbilanz auf.

Für die Kapseln werden bisher Aluminiumfolien mit einem Gewicht von typischerweise 3 g je Kapsel eingesetzt. Der Aluminiumanteil liegt je nach Beschichtung in der Größenordnung von 80 % (→ 2,4 g Aluminium je Kapsel). Weltweit verursachte die Primäraluminiumproduktion (durch den Einsatz von Wärme- und elektrischer Energie sowie von Kohlenstoff als Reduktionsmittel) in 2017 Treibhausgasemissionen von rund 1,08 Mrd. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, was einer spezifischen Emission von rund 18 t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten je t Aluminium entspricht.<sup>1</sup> Für eine übliche Aluminiumkapsel mit einem Gewicht von ca. 3 g und einem Aluminiumanteil von ca. 80 % ergibt sich daraus ein CO<sub>2</sub>-Äquivalent von rund 43 g. Marktseitig werden mit Verkapselungsanlagen von Kematec bereits allein in Deutschland und Frankreich jährlich weit über 1 Milliarde Flaschen verkapselt und dafür 2.400 t Aluminium eingesetzt. Diese Menge Aluminiumkapseln für Sektflaschen führt zu einem Ausstoß von jährlich 43 kt CO<sub>2</sub>-Äquivalenten und trägt somit zum Treibhauseffekt bei.

Im Projekt wurde ein neuartiger Prozess für das automatisierte Verkapseln von Sektflaschen mit Papier ausgearbeitet, so dass die Verwendung von Papierkapseln anstelle von Aluminiumfolien flächendeckend etabliert werden kann. Der Ersatz durch Papierkapseln ist eine Alternative, die das Interesse der Sektproduzenten und Flaschenabfüller bereits geweckt hat, da Papier aus nachhaltiger Erzeugung (auch im Vergleich zu weiteren denkbaren Substituten) eine deutlich bessere Umweltbilanz aufweist. Die dargestellte technische Lück wurde im Rahmen des Vorhabens geschlossen.

---

## 2. Einleitung

Nach dem Stand der Technik wurden weitestgehend Aluminiumkapseln eingesetzt, um Sektflaschen zu verkapseln. Aluminiumfolien haben den Vorteil, dass sich das Material beim Anfalten dicht um den Flaschenhals legen lässt und es sich nach dem Anfalten nicht entfaltet, sondern formstabil bleibt.

Papierkapseln sind prinzipiell geeignet, um die funktionellen Anforderungen einer Sekt kapsel zu erfüllen. Es ergeben sich zudem Vorteile hinsichtlich der Luftdurchlässigkeit. Herkömmliche Aluminiumkapseln sind nicht luftdurchlässig, weshalb sich ohne Entlüftungslöcher Schimmel bilden kann. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Entlüftungslöcher jedoch zu Verunreinigungen führen können, da der Korken nicht vollständig ummantelt ist. Papierkapseln hingegen ermöglichen ein Diffundieren der Feuchtigkeit durch das Material, weshalb man keine Entlüftungslöcher braucht.

Allerdings existierten weder geeignete Lösungen, um die Papierkapseln automatisiert auf die Flaschen aufzubringen, noch um eine geeignete Qualität zu erreichen, da sich das mechanische Verhalten von Papier beim Verkapseln deutlich von formstabilem Aluminium unterscheidet.

Papierkapseln werden bisher zwar vereinzelt eingesetzt, allerdings nur in kleinen Kellereien manuell auf die Flaschen aufgebracht. Es existieren keine automatisierten Prozesse für größere Produktionen.

Kematec entwickelte in der Vergangenheit bereits ein System mit einer universell einsetzbaren Flaschenführung und einem innovativen Faltbackensystem für das Verkapseln von Flaschen unterschiedlichster Geometrien mit hochwertigen, verstärkten Kapselmaterialien. Die Faltbacken bestehen aus einem Material und werden in Form geschliffen (Abbildung 1).



**Abbildung 1: Anfaltkopf mit einem eingebauten Backensatz (links) und fertig geschliffene Standard-Faltbacken (rechts) nach dem Stand der Technik.**

Betrachtungen im Rahmen von Vorarbeiten für das vorliegende Projekt zeigten jedoch, dass die bisher vorhandene Technologie nicht auf Papierkapseln angewendet werden kann und neue Lösungen erforderlich sind. Dabei wurden erste Versuche mit unterschiedlichen Papierarten, Kapselformen und einer Bedampfung des Papiers durchgeführt.

Mit den vorhandenen Technologien konnte bisher keine ausreichende Formstabilität und Kapselqualität erzielt werden, wie die Ergebnisse erster Versuche in Abbildung 2 zeigen.



**Abbildung 2: Beispielhafte Ergebnisse erster Anfaltversuche mit Papier im Stand der Technik mit ungenügender Qualität für die Anforderungen der Branche.**

Die Herausforderungen des Verkapselns mit Papier liegen insbesondere in der Rückstellkraft des Papiers. Das Papier muss dauerhaft auf der Flasche in Form bleiben. Bisher kann nicht vermieden werden, dass sich das Papier nach dem Anfalten zumindest teilweise wieder entfaltet.

Die Ergebnisse bestätigen, dass diese Parameter einen erheblichen Einfluss auf das Ergebnis haben und umfangreiche Arbeiten zur Untersuchung unterschiedlicher Einflüsse erforderlich sind, um einen geeigneten Prozess ausarbeiten zu können.

### 3. Entwicklungsarbeiten und erreichte Ergebnisse

Ziel des Projektes war es, einen neuartigen Prozess zum Verkapseln von Sektflaschen mit Papier auszuarbeiten. Aufgrund des unterschiedlichen Materialverhaltens unterscheiden sich die Anforderungen an den Anfaltprozess deutlich von dem für Aluminiumkapseln, so dass neue Lösungen erforderlich waren.

Das Papier unterliegt einer Rückstellkraft und neigt dazu, sich nach Lösen der Anfaltbacken zu entfalten. Somit ist prinzipiell eine hohe Anfaltkraft erforderlich. Um die Flasche nicht zu beschädigen, muss die mechanische Krafteinwirkung im Anfaltprozess jedoch begrenzt werden. Außerdem kann ein Abrutschen des Papiers dazu führen, dass die Kapsel nicht korrekt aufgebracht wird.

Hier setzte das geplante Projekt an. Um das Verkapseln mit Papier in der erforderlichen Qualität zu ermöglichen, wurden neue Lösungen für die Anfaltbacken der Maschine, für die Prozessführung und zusätzliche Prozessschritte, wie etwa eine Vorbehandlung, ein Beschichten oder ein Verkleben, sowie geeignetes Papier benötigt.

Innovative Ansätze dabei waren:

- die Realisierung eines geeigneten Anfaltvorgangs durch neuartige Anfaltbacken,
- eine neue Prozessführung, um ein ausreichendes Anfalten ohne Beschädigung der Flasche zu ermöglichen und die Anforderungen an Qualität und Zuverlässigkeit erfüllen zu können,
- sofern erforderlich, zusätzliche Prozessschritte zu entwickeln, wie ein Verkleben oder eine Beschichtung des Papiers, um die Haftung zu verbessern und das Entfalten zu verhindern,
- weiterhin ist ein Papier mit geeigneten mechanischen Eigenschaften auszuwählen.

Als konkrete Funktionen und Zielparameter waren im Projekt zu realisieren:

- erstmalige Realisierung von Papierkapseln für (Sekt-) Flaschen in einem industriellen Prozess mit gleicher Anfalt-Qualität wie im Fall von Aluminiumkapseln,
- vollständige Automatisierung des Prozesses,
- Anwendung auf Kurz- und Langkapseln,
- Anwendung auf ein breites Spektrum unterschiedlicher Papierarten,
- Anwendung auf unterschiedliche Flaschenarten/-geometrien ohne Umrüsten (universell einsetzbares Faltbackensystem),
- Durchsatz von 36.000 Flaschen pro Stunde,

- Ausschuss von weniger als 1 Flasche pro 1 Mio. verkapselter Flaschen.

Das Kernergebnis des Vorhabens lag in der Entwicklung eines neuartigen Anfalkkopfes. Für die optimale Verarbeitung der Papierkapseln wurden die Faltbacken im Faltprozess so verändert, dass die Rückstellkraft der Papierkapsel neutralisiert wird. Um dies zu erreichen werden die Fasern des Papiers gebrochen. Dies erfolgt über die Hybridbacken im Zusammenspiel mit veränderten Ansteuerungszeiten der Anfaltzylinder. Insbesondere durch einen mehrschichtigen Aufbau geeigneter Materialien in einer mehrstufigen Geometrie des Anfaltfutters wurde es ermöglicht, dass eine geeignete Kraffteinleitung und so die notwendige Formtreue und Härte des Backenfutters erzielt werden und das Papier optimal angefaltet wird, ohne dass ein Entfalten bzw. eine Rückstellung des Papiers erfolgt oder die Flasche durch zu hohe Kräfte beschädigt wird.

Ein Ansatz, der für eine geeignete Kraffteinleitung über den Faltkopf umgesetzt wurde, lag in der Entwicklung eines Hybrid-Futters aus Nitrilkautschuk-Gemischen (NBR) und Naturkautschuk (NR), mit Härten im Bereich von etwa 55 Shore A bis 85 Shore A. Im Randbereich wurde dabei eine höhere Steifigkeit eingestellt. Im mittleren Bereich wurde das Futter weicher ausgelegt, um ein gutes Anschmiegen zu ermöglichen, im Randbereich hingegen musste eine scharfe Faltung realisiert werden.

Die erzielten Ergebnisse sind in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt. In Abbildung 3 ist die finale Version der entwickelten Backeneinsätze CAD-Modell dargestellt. In „grau“ sind die harten Kanten zum Brechen der Papierfasern hervorgehoben, wären der weichere Innenbereich der Becken in dunkelgrau dargestellt ist.

In Abbildung 4 und Abbildung 5 sind beispielhaft einige der im 3D-Druck hergestellten Muster dargestellt. Die Muster unterscheiden sich in der Materialkombination, der Form und der Härte. Im Projektverlauf wurde eine Vielzahl dieser Muster hergestellt und die Einflussgrößen von konstruktiver Auslegung, Design, Oberflächeneigenschaften und Material-Papier-Kombination auf die Falteigenschaften untersucht. Als besonders herausfordernd stellte sich die Auswahl des richtigen Papiers für die Kapsel heraus, da das Unternehmen Kematec hier von Zulieferern Abhängig war. Sowohl die Papiersorte als auch die Geometrie des Halbzeugs aus Papier wirkten sich z. T. überraschen stark auf die Faltergebnisse aus.

Auf Grundlage der erzielten Ergebnisse in Vorversuchen und in Versuchen mit unterschiedlichen Papieren und Backen-Mustern, wurden in einem iterativen Verfahren Optimierungspotenziale abgeleitet und umgesetzt.

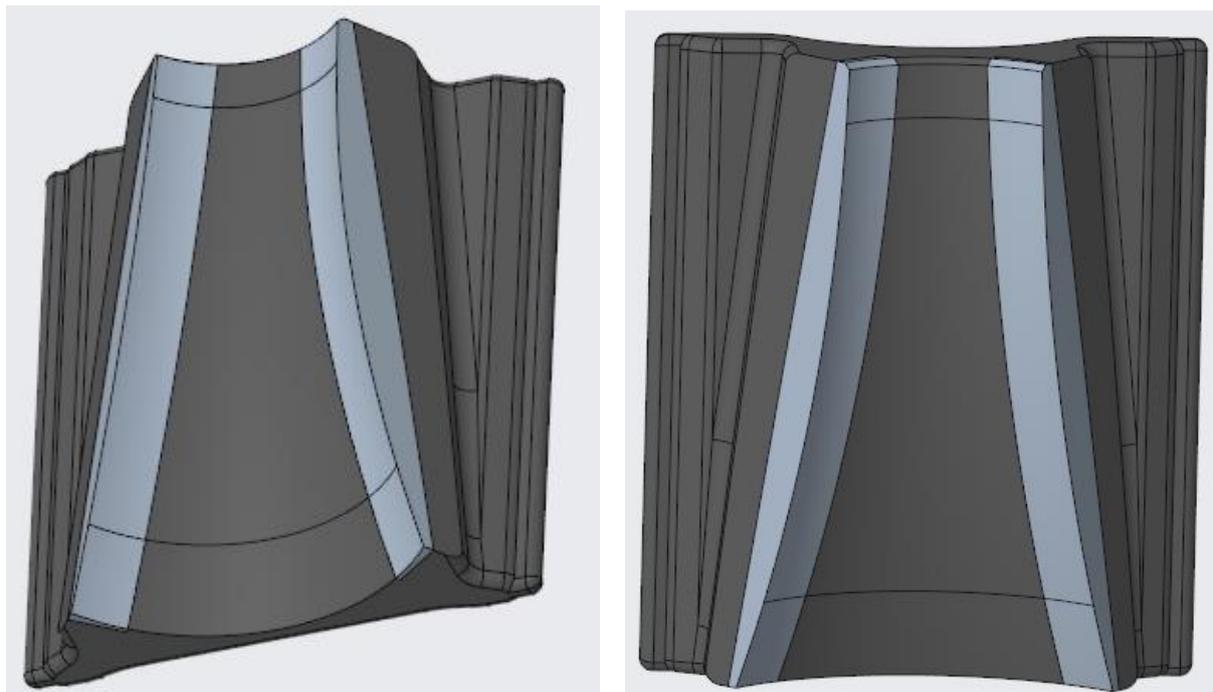


Abbildung 3: Finale Version der entwickelten hybriden Backeneinsätze als CAD-Modell.



Abbildung 4: Beispiele für im 3D-Druck hergestellte Muster.



**Abbildung 5: Schmale Anfaltbacke aus Kunststoff.**

Für die Realisierung des Anfaltens wurde außerdem die Prozessführung neu entwickelt: Um die Papierfasern zu brechen und eine Rückstellung zu verhindern, wurde eine geeignete Abfolge des Anfaltvorgangs untersucht. Von besonderer Bedeutung waren die Ursache-Wirk-Zusammenhänge Zusammenpressen und Lösen der jeweils gegenüberliegenden Backen in einem stufenweisen Prozess und ein wiederholtes Einwirken der Backen. Neben der Abfolge wurden zudem die Presszeiten untersucht und in Versuchen verifiziert.

Auch die Zusammensetzung, Struktur und Stärke des Kapselpapiers waren, wie obig beschrieben, entscheidend für das Ergebnis. Hierzu wurde bei verschiedenen Lieferanten Muster die Herstellung nach eigens entwickelten Vorgaben in Auftrag gegeben.

Die abschließend erzielten Ergebnisse der Kombination aus neuen Faltbacken, Prozessparametern und Papiersorten sind nachfolgend dargestellt.



Abbildung 6: Beispiel für die Verbesserung der Prozessparameter bei Versuchen mit glattem Papier. Dabei steigt die Qualität der Faltung von links nach rechts.



Abbildung 7: Beispiele für die Faltung von perforierten Kapseln mit Druck.

## 4. Fazit

Die schmalen Kunststoffbacken (Abbildung 5) in Kombination mit den breiten Anfaltbacken mit Einsätzen (Abbildung 4) haben zu einer signifikanten Verbesserung des Prozesses geführt. Durch die Kombination beider Backen-Typen können die Papierfasern von glattem und perforiertem Papier leichter gebrochen werden. Da durch die härteren schmalen Backen eine schärfere Kante beim Vorfalten der Kapsel erzeugt wird, bleibt die Faltung beim Anfaltvorgang formstabiler, wodurch ein akkurates Ergebnis erreicht wird. Papier weist im Vergleich zu Aluminium eine deutlich höhere Rückstellkraft auf, wodurch die Falten sich nach dem Falten geringfügig wieder aufstellen. Dieses Verhalten wird durch vorheriges Bedampfen der Kapseln deutlich reduziert und hat eine enorme Verbesserung der Anfaltung ermöglicht. In den Tests wurden Kapseln mit unterschiedlichen Walzrichtungen, Perforierungen, Länge und Konizität getestet. Dabei hat sich herausgestellt, dass kurze Kapseln mit einer geringen Konizität und einer Perforierung am besten zum Anfalten geeignet sind.

Zusammenfassung der ursprünglich geplanten Zielparameter und dem tatsächlich erreichten Stand:

Zielparameter	Erreichter Stand
erstmalige Realisierung von Papierkapseln für (Sekt-) Flaschen in einem industriellen Prozess mit gleicher Anfalt-Qualität wie im Fall von Aluminiumkapseln	Wurde v. a. für perforiertes Papier erzielt.
vollständige Automatisierung des Prozesses	erreicht
Anwendung auf Kurz- und Langkapseln	Die Anwendung auf Kurz- und Langkapseln mit perforiertem Papier ist gegeben.
Anwendung auf ein breites Spektrum unterschiedlicher Papierarten	erreicht
Anwendung auf unterschiedliche Flaschenarten/-geometrien ohne Umrüsten (universell einsetzbares Faltbackensystem)	erreicht
Durchsatz von 36.000 Flaschen pro Stunde	erreicht
Ausschuss von weniger als 1 Flasche pro 1 Mio. verkapselter Flaschen	Prinzipiell nachgewiesen

Es ist geplant in 2025 mindestens eine Verkapselungsanlage mit den neuartigen Papierkapseln zu vermarkten. Ausgehend von dieser Pilotierung und Referenz ist die Vermarktung an weitere Kunden geplant, sodass zukünftig mindestens zwei Anlagen p. a. mit der neuartigen Technologie verkauft werden. Langfristig sollen Aluminiumkapseln vollständig durch Papierkapseln ersetzt werden. Einhergehend mit der Vermarktung einer Verkapselungsanlage ist mit einem Umsatz von ca. 850.000 € pro Verkapselungsanlage zu rechnen. In Konsequenz gehen wir mit einer konservativen Schätzung davon aus in den folgenden drei Jahren einen Umsatz von mindestens 4,25 Mio. € mit der neuen Technologie zu erzielen.

Ferner können durch die Substitution von Aluminium- hinzu Papierkapseln erhebliche Umweltpotenziale gehoben werden. Ausgehend von einer Verkapselungsanlage, die im 24 h-Betrieb bei einer durchschnittlichen Produktionsrate von 20.000 Flaschen/h für 340 Tage im Jahr betrieben wird, entspricht dies einem jährlichen Verbrauch von 163,2 Mio. Kapseln p. a. Die daraus resultierenden Umweltaspekte pro Verkapselungsanlage sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Bezeichnung	Papierkapsel	Aluminiumkapsel
Kapseln p.a.	163.2 Mio.	163.2 Mio.
Dichte	80 g/m <sup>3</sup>	270 g/m <sup>3</sup>
Gewicht pro Kapsel	3 g	9 g
Tonnen pro Jahr	489,6	1468,9
CO <sub>2</sub> -Äquivalent pro Tonne	0,886 t	13,5
Ergebnis pro Anlage	433,8 t CO <sub>2</sub>	19.830 t CO <sub>2</sub>

Folglich besteht das Potenzial pro Verkapselungsanlage knapp 19,4 kt CO<sub>2</sub> pro Jahr durch den Einsatz von Papierkapseln einzusparen. Bezogen auf die geplante Vermarktung von mindestens 5 Anlagen in den nächsten drei Jahren, resultieren folgende jährliche Einsparungspotenziale:

2025	2026	2027
19,4 kt CO <sub>2</sub>	58,2 kt CO <sub>2</sub>	97 kt CO <sub>2</sub>

## **5. Literaturverzeichnis**

Keine Literatur vorhanden.