

Vergleich zweier Kunststoffverpackungen mit Barrierefunktion:

- **PP-Standbodenbeutel ggf. mit Öffnungs- bzw. Verschießhilfen**
- **PET-Flasche mit Verschluss**

1. Einleitung

Zu den wichtigsten Kunststoffverpackungen in Europa gehören Standbodenbeutel und PET-Flaschen, von denen in Europa 2023 die folgenden Mengen hergestellt wurden /1/:

- Standbodenbeutel: 59 Mrd. Einheiten
- PET-Flaschen: 135 Mrd. Einheiten

Im nachfolgenden Beitrag werden diese zwei Varianten für besonders anspruchsvolle Anwendungen über die gesamte Verarbeitungs- und Anwendungskette verglichen:

- Der sterilisierbare PP-Standbodenbeutel mit Barriere und Öffnungs- und ggf. Verschießhilfen
- Die PET-Flasche mit Barriere und Verschluss sowie aseptischer Abfüllung

1.1 Aufbau und Materialzusammensetzung

1.1.1 Triplex Folienaufbau für den Standbodenbeutel

Die Außenseite des Folienverbundes /2/ besteht aus einer konterbedruckten oPP-Folie, die gegen eine SiOx-beschichtete oPP-Folie kaschiert wird (s. Bild 1.1.). Die SiOx Beschichtungsstärken sind sehr niedrig, liegen i.d.R. unter 100 nm und sind deshalb für den späteren Recyclingprozess kaum relevant /3/.

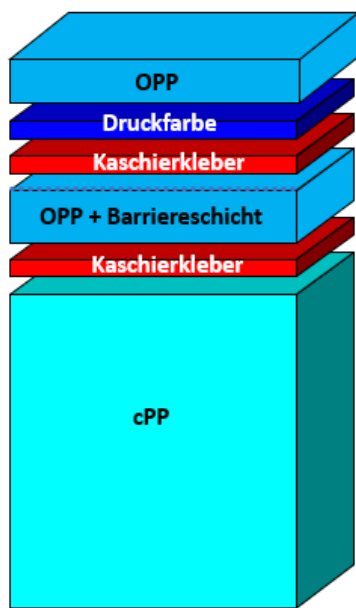
Neue Optionen bestehen im Einsatz von Kaschierklebstoffen mit guten Barrierefunktionen /4/, bei denen die keramische-Barriere entfallen kann.

Siegelseitig wird eine dickere cPP Folie, die oft aus mehreren Schichten koextrudiert wird, gegen die SiOx-beschichtete oPP Folie kaschiert. Die verwendeten Kaschierkleber basieren i.d.R. auf Polyurethanen.

Das Leergewicht eines 500 ml Beutels liegt bei ca. 10 g plus ca. 2 g für den Fall des zusätzlichen Ausgießers. Die Dichte der PP-Typen liegt im Bereich von 0,9 g/cm³.

Die Ausgießer und Verschlüsse bestehen hauptsächlich aus Polyolefinen.

Außenseite des Beutels



Innenseite des Beutels

Bild 1.1: Verbundfolienaufbau für PP Standbodenbeutel mit keramischer Barriere

1.1.2 Aufbau der PET-Flasche

Verglichen mit der unter 1.1. genannten Verbundfolie ist der Wandaufbau der PET-Flasche /5,6/ durch das einheitliche Grundmaterial deutlich einfacher und kann dadurch in wenigen Schritten äußerst wirtschaftlich hergestellt werden /7/.

Auch für die Gewichtsreduzierung wurde in den letzten Jahren sehr viel getan. Für die Interpack 2026 werden 500 ml PET-Flaschen für Wasser (ohne zusätzliche Barriere) mit nur noch etwa 5 g Gewicht angekündigt /8/.

Die Innenseite der Flasche kann mit SiO_x /9/ z.B. mit dem Plasmax-Verfahren von KHS oder mit Kohlenstoff mit dem Actis Verfahren von Sidel (Tetra Laval) /10,11/ beschichtet werden (Bild 1.2.). Wegen der Vakuumverfahren werden für diese Flaschen etwas höhere Steifigkeiten und damit Gewichte benötigt. Diese produktberührenden keramischen Schichten können auch als funktionelle Barriere gegen Migrationen aus dem Kunststoff dienen, was besonders für den Einsatz von Recyklaten interessant ist. Die Dichten der PET-Typen liegen im Bereich von 1,3 g/cm³. Wegen dieser hohen Dichten kann PP im Rahmen des Recyclings leicht mechanisch von anderen Kunststoffen mit üblicherweise niedrigeren Dichten von > 1 g/cm³ separiert werden.

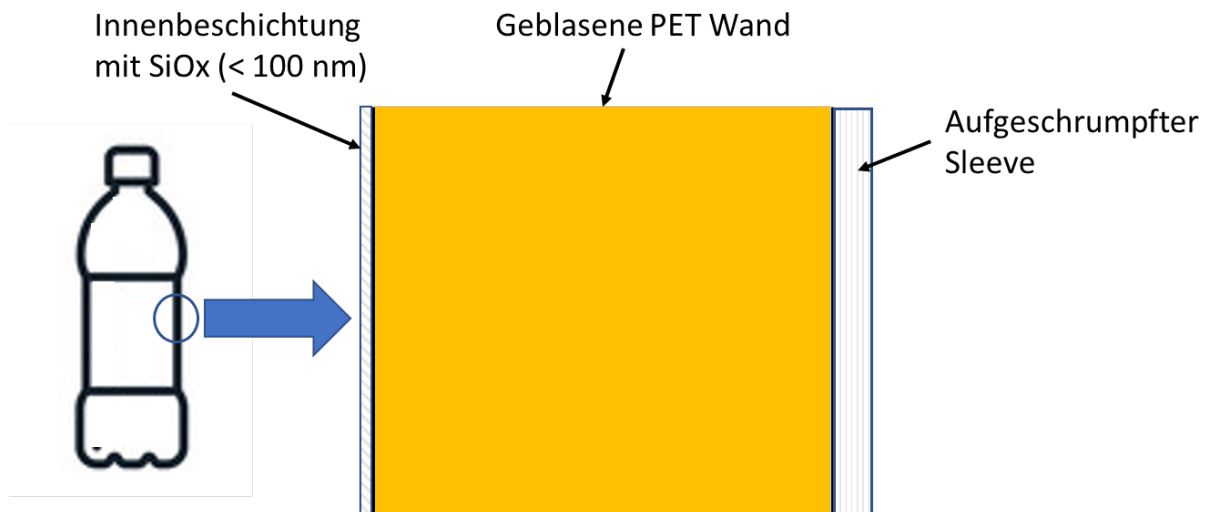


Bild 1.2: Wandaufbau einer PET-Flasche mit Innenbeschichtung z.B. aus SiOx und von außen aufgeschrumpften Sleeve

Die bedruckten Sleeves werden i.d.R. auf die geblasene und gefüllte Flasche aufgeschrumpft und bestehen entweder aus PET oder Polyolefinen.

2 Herstellung im Urformverfahren

2.1 Kontinuierliche Verfahren beim Beutel im Folienbereich

Die Folienbestandteile des Beutels werden generell in kontinuierlichen Extrusionsverfahren hergestellt und weiterhin in kontinuierlichen Verfahren für Beschichtungen, Bedruckungen und Kaschierungen weiterverarbeitet. Die Extrusion selbst erfolgt sowohl im Flachfolien- (s. Bild 2.1.) als auch im Blasfolienverfahren /2, 12 /. Die in Bild 2.2. gezeigte Anlage für Flachfolien zeigt ein reales Beispiel /13/.

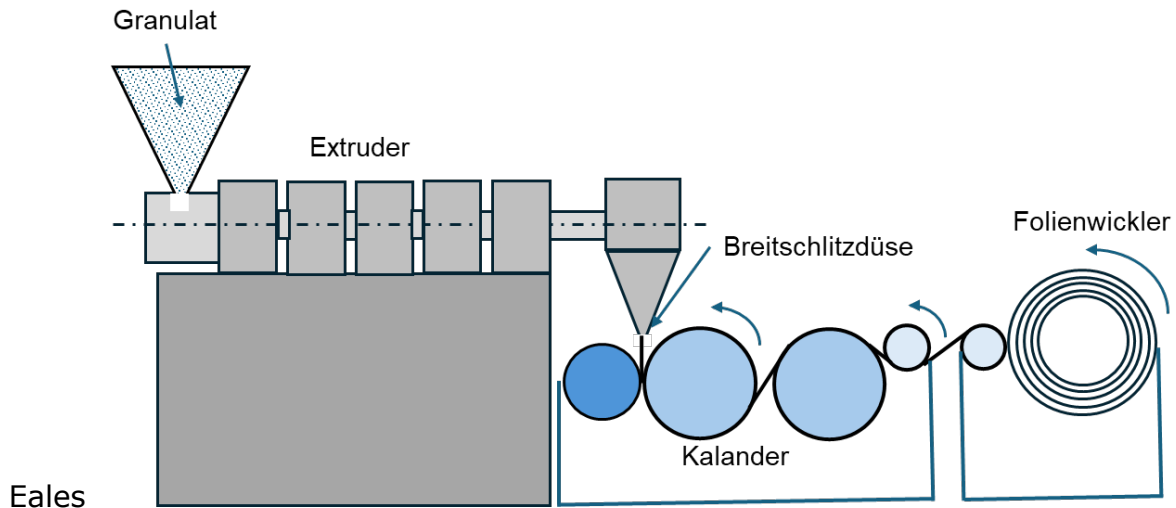


Bild 2.1. Prinzipskizze für Flachfolienanlagen

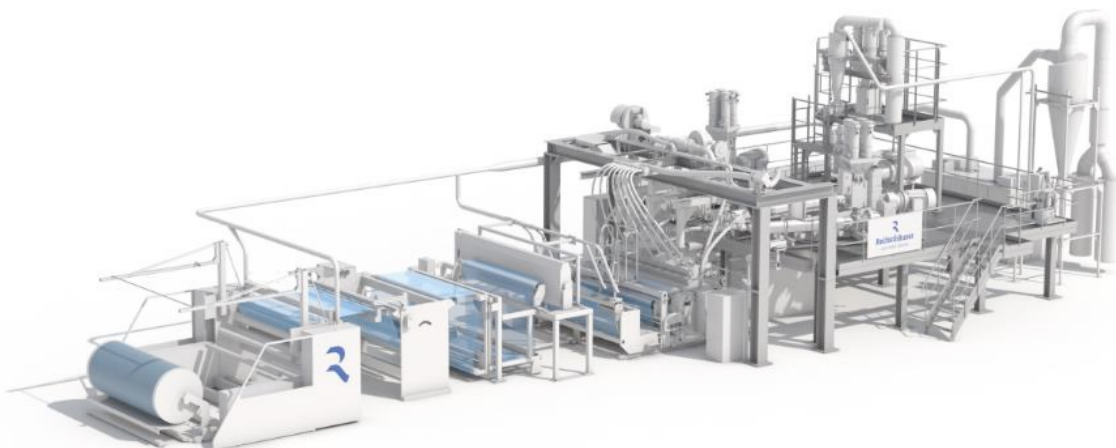


Bild 2.2. Beispiel Flachfolienanlage /13/

Sortenreine saubere Produktionsanfälle wie Randabschnitte können in der Produktion nach dem Aufnehmen und Zerkleinern direkt wiederverwendet werden

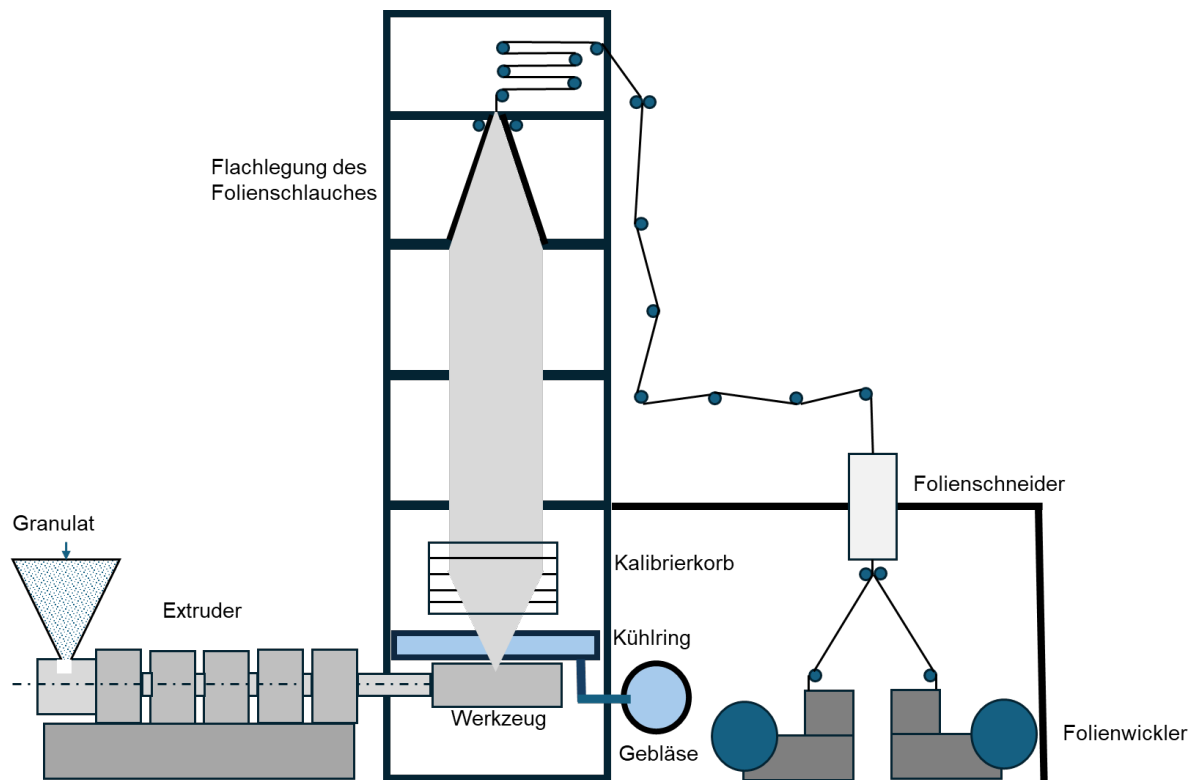


Bild 2.3. Prinzipskizze für Blasfolienanlagen



Bild 2.4. Beispiel Blasfolienanlage /2/

Bild 2.3 zeigt die Prinzipskizze einer Blasfolienanlage und Bild 2.4 ein Beispiel für eine reale Anlage/2/.

2.2 Diskontinuierliche Verfahren beim Beutel für den Ausgießer

Die Ausgießerteile werden diskontinuierlich im üblichen Spritzgießen hergestellt /14,15/ und später zum Einschweißen in den Beutel beigestellt.

2.3 Diskontinuierliche Verfahren für den Preform

Der Preform wird beim zweistufigen Spritzstreckblasen diskontinuierlich im Spritzgießen i.d.R. in Werkzeugen mit möglichen sehr hohen Formnestzahlen ($n > 100$ möglich) getrennt von den späteren Blasprozessen hergestellt /14, 15,16/

Die abgekühlten Preforms werden i.d.R. in Kartons oder Oktabins zur Spritzblasmaschine gebracht und dort in Bunker gefüllt. Die Preforms können dann in der der Füllmaschine vorgeschalteten Blasmaschine aufgeblasen werden

3 Konvertierungen (Weiterverarbeitung)

3.1 Standbodenbeutel

3.1.1 SiO_x- Beschichtung von oPP

Die Beschichtungen der transparenten Barriere auf der oPP-Folie erfolgt i.d.R. batchweise unter Hochvakuum, was einen hohen Anlagen- und Prozessaufwand bedingt. Die aktuellen Beschichtungsbreiten in solchen Anlagen liegen deutlich über 2 m. Diese Prozesse können mittlerweile an mehreren Herstellorten in Europa und weltweit erfolgen /3/.

Um die Nachteile des Batchbetriebes am Coater zu umgehen wurde das Rolle zu Rolle Verfahren entwickelt /17/.

- Abwicklung der Folie unter Umgebungsdruck
- Einführung durch ein Schleusensystem in die Vakuumkammer
- Aufbringung der SiO_x-Schicht unter Plasma in der Vakuumkammer
- Ausführung der Folie durch ein Schleusensystem auf Umgebungsdruck und Aufwicklung

3.1.2 Bedruckungen

Die Konterbedruckung auf BoPP Folie ist mit zwei Verfahren üblich:

- Flexodruck
- Tiefdruck (s. Bild 3.1.)



Bild 3.1. Tiefdruckanlage für Folien /Bopst 2025/

Denkbar ist als Alternative zum Konterdruck (s. Bild 1.1.) auch der Frontaldruck auf der Außenseite des Verbundes, der aber für höhere Belastungen wie bei Pasteurisation und Sterilisation weniger geeignet ist.

Für kleinere Auflagen ohne Sterilisationsbelastungen ist als junges Verfahren der Digitaldruck möglich.

3.1.3 Kaschierungen

Im Fall des Triplex-Verbundes werden zwei Kaschierungen benötigt. Bei der Konterbedruckung sind folgende Schritte sinnvoll:

- Vorverbund: oPP+SiOx/cPP
- Endverbund: oPP+Konterdruck + Vorverbund

Schneideprozesse:

Für alle Folienschritte sind Schneideprozesse für den Randbeschnitt der weiteren Verarbeitungsbreiten für Kaschieren, Drucken und Beutelmaschinen notwendig.

3.1.4 Schweißen der Beutelkontur und ggf. Einschweißen des Ausgießers

Am Ende der Konvertierung wird die Beutelkontur geschweißt. In vielen Fällen werden in der Beutelmachine Unter- und Oberbahn sowie der Bodenstreifen getrennt zugeführt. Hierbei kann für den Bodenstreifen auch eine andere Folienstruktur gewählt werden, z.b. für eine bessere Fallfestigkeit oder andere gewünschte Eigenschaften.

Als Schweißverfahren wird üblicherweise das Heizelementschweißen mit Heiz- und Kühlbacken eingesetzt. Bei zweibahniger Herstellung liegt der Ausstoß bei ca. 7.000 Beuteln/h. Kleinere Beutel können auch in höheren Bahnzahlen und entsprechend größeren Mengen pro Zeit hergestellt werden.

Es existieren aber auch schon erste kommerzielle Anwendungen mit dem Ultraschallverfahren sowohl für das Beutel- als auch für das Ausgießereinschweißen /18,19/.

Schon bei der Leerbeutelherstellung kann ein Ausgießer eingesetzt werden, was aber zu einer deutlich aufwendigeren Logistik der Leerbeutel führt, da diese nicht mehr flach gepackt werden können und deshalb auf Schienen aufgefädelt werden.

3.1.5 Weitere Öffnungs- und Verschließhilfen

Für größere Beutelöffnungen ggf. bei stückigen Füllgütern eignen sich als reine Öffnungshilfe Laserperforationen im Kopfbereich des Beutels oder wenn der Wiederverschluss erwünscht ist der eingeschweißte Reißverschluss.

Bei diesen Verschlussarten kann nur durch das obere offene Beutelende gefüllt werden.

3.2 Sleeve für PET-Flasche

Die Sleevefolie zur Ummantelung der PET-Flasche ist die einzige Komponente, die für diese Verpackungsart kontinuierlich hergestellt wird. Hierbei können die unter 3.1.2. genannten Druckverfahren eingesetzt werden.

Tabelle zu Kapitel 1-3

Die Tabellen sind in der vergleichenden Bewertung farblich hinterlegt:

- Grün: Unproblematisch und in großen Stückzahlen gut herstellbar
- Gelb: Kein grundsätzliches Problem aber aufwändig
- Rot: Kritische Prozesse mit Risiken und/oder hohen Aufwänden

PP-Standbodenbeutel mit Barriere und Verschluss		Kommentar	PET-Flasche mit Barriere und Verschluss		Kommentar
Aufbau	OPP-Druck/SiOx-OPP/cPP, Kaschierkleben auf PU Basis		Aufbau	PET mit Innenbeschichtung SiOx oder Kohlenstoff etc.	
Kunststoffgranulate	verschiedene PP-Granulate bzw. Blends	Bisher nur eng spezifizierte Neuware einsetzbar, Granulat vom mechanischem Recycling kaum spezifizierbar	Kunststoffgranulate	ein Typ PET Granulat	Recyclingmaterial möglich, SiOx- Menge (< 100 Nm) in Beschichtung vernachlässigbar
	cPP (verschienene Typen für Koextrusion)				
	OPP	geringe Dickentoleranzen für sichere Schweißprozesse erforderlich			
Dichte	ca. 0,9 g/cm ³		ca. 1,35 g/cm ³		gut von Polyolefinen trennbar
Verpackungsgewicht 500 ml	ca. 10 g + Ausgießer	Verluste > 10% in den Herstellungsstufen insbesondere bei kleinen Chargen		15-20g + Verschluss	Ohne spätere Innenbeschichtung sind auch geringere Gewichte realisierbar.
Urformen:	Extrusionen der PP-Einzelfolien	Sortenreine Produktionsabfälle direkt recyclebar	Urformen	Spritzgießen des Preforms, Kopf mit geringen Toleranzen	Flaschengröße bestimmt die Preformgröße, Kopffmaße identisch
	Spritzgießen der Ausgießerteile	geringe Toleranzen möglich		Spritzgießen des Verschlusses	geringe Toleranzen möglich
				Extrusion und Verstreckung Sleeve Folien (PET oder PP, ca. 30 my)	
Geschätzte Produktionsverluste	Je nach Auftragsgröße im zweistelligen Prozentbereich		Geschätzte Produktionsverluste	niedriger einstelliger Prozentbereich	
Konvertierung Folien:					
Barriere	SiOx- Beschichtung von OPP unter Vakuum				
Bedruckung	Konterbedruckung auf OPP Folie, Flexo- oder Tiefdruck	Produktvariante ist mit dem Beuteldruck festgelegt.	Bedruckung	Flexo-Bedruckung der (separaten) Sleeve-Folie	
Schneiden	Schneideprozesse für alle Folien				
Kaschierungen	Triplex mit 2 Kaschierungen				
Separate Herstellung der Beutelverpackung					
	Schweißen Beutelkontur			keine Schweißprozesse erforderlich	

4 Fertigstellung der Verpackung sowie Füll- und Verschließprozesse

4.1 Prozesse für den Standbodenbeutel

4.1.1 Einschweißen des Ausgießers

Die vorgefertigten flachen Beutel (s. Kap. 3.1.4) können als eine Option in Form eines Stapels in die Maschine für das Einschweißen eingelegt und in die Anlage eingezogen werden.

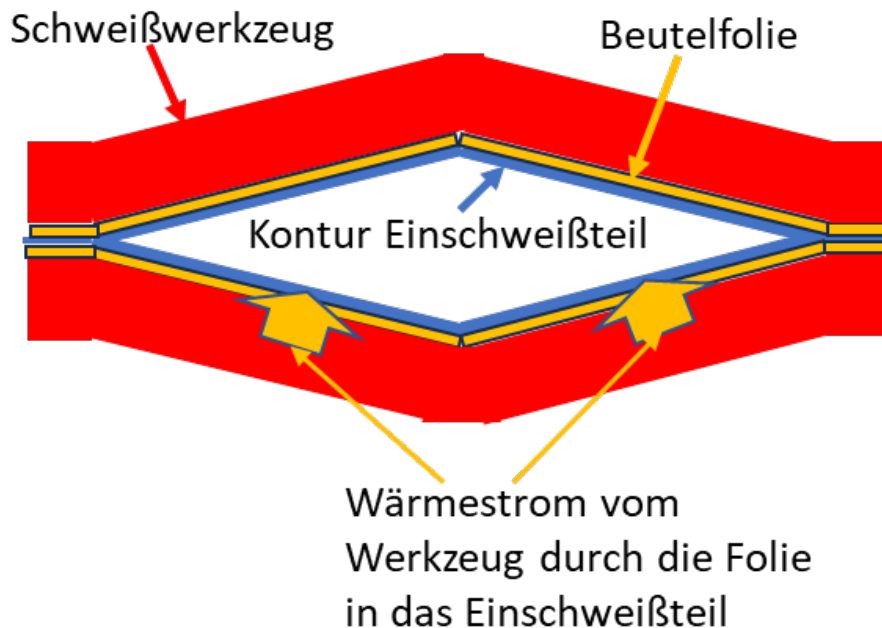


Bild 4.1. Wärmestrom beim Einschweißen des Ausgießers

Das Einschweißen des Ausgießers in den flachen Beutel ist aus den folgenden Gründen ein äußerst kritischer Prozess (s. Bild 4.1):

- Der räumliche Ausgießer mit Schiffchen verzieht zwangsweise den flachen Beutel.
- Die Schweißwärme kann bei den üblichen Schweißverfahren nur von außen durch die gesamte Folie auf die äußeren Schweißflächen des Schiffchens übertragen werden.
- Die bisher üblichen Verbundstrukturen mit PET in der Außenschicht erlauben grundsätzlich härtere Schweißbedingungen als das Einschweißen in einen reinen PP-Verbund.

Diese Randbedingungen führen zu längeren Schweißzeiten, die durch mehrere Stationen hintereinander erzeugt werden müssen. Weiterhin ist zum Abschluss des Schweißens zur Stabilisierung der Naht auch eine Kühlung notwendig.

Nach dem Schweißen ist es weiterhin sinnvoll, die Schweißung nachkristallisieren zu lassen, bevor durch den Füllprozess beim am Ausgießer hängenden Beutel höhere Lasten auf die Schweißverbindung gebracht werden.

Eine schnellere Schweißung ist generell mit dem Ultraschall möglich /18/ aber bisher noch nicht weit verbreitet. Der grundsätzliche Vorteil besteht hierbei darin, dass die Wärme nicht von außen durch die Folien in das Einschweißteil eingeleitet werden muss.

Die Dichtigkeitsprüfungen sind komplex wegen der Gefahr durch Mikrolekagen (im $<1\ \mu\text{m}$ Bereich) insbesondere in den Schweißnähten, die für Bakterien durchgängig sind.

4.1.2 Füllprozess durch den Ausgießer

Beim Füllprozess muss gewährleistet werden, dass sich der Beutel beim Einlaufen des Füllgutes sicher und schnell entfaltet.

Hierzu tragen sowohl die Lage des Ausgießers im Beutel bei, durch den gefüllt wird, als auch die Adhäsionskräfte der noch aufeinanderliegenden Beutelfolien.

4.1.3 Verschließprozess

Nach dem Füllen wird der Beutel am Ausgießer durch geeignete Schließkörper wie Schraubkappen, verschweißte Kappen oder Schnappkappen verschlossen.

Der gefüllte und verschlossene Beutel kann dann den nächsten Linienstationen wie z.B. der Endverpackung oder noch der weiteren Wärmebehandlung zugeführt werden.

4.1.4 Füllung durch das offene Beutelende

Wenn größere Füllöffnungen benötigt werden, bietet es sich an, durch das obere offene Beutelende zu füllen, danach die Kopfnäht zu straffen und durch Schweißen zu verschließen. Dies ist bei stückigen Füllgütern wie Tiernahrung oder Sauerkraut notwendig. Der Nachteil besteht darin, dass ggf. durch Produkt geschweißt werden muss /19/.

4.2 Prozesse für die Flasche: Spritzstreckblasen der Flasche mit Beschichtung, Füllen und Verschließen

4.2.1 Streckblasprozess der Flasche mit integrierter Dichtigkeitsprüfung für den Flaschenkörper

Für hohe Ausstoßleistungen hat sich der sogenannte zweistufige Streckblasprozess etabliert, da Spritzgieß- und Streckblasprozess unabhängig voneinander optimiert werden können.

Die ausführlichen Darstellungen aller Verfahrensschritte werden im Fachbuch Blasformen von Kunststoff Hohlkörpern /6/ ausführlich behandelt.

Im zweistufigen Spritzstreckblasprozess (Verfahren aus zweiter Wärme) werden die PET-Preforms wie folgte behandelt (s. Bild 4.2):

- Einbringung des kalten Preforms als Schüttgut in einen Bunker
- Einführung in die Blasmaschine über Rütteltöpfe und -strecken
- Aufwärmung in einer Heizstrecke mit Strahlungsheizungen, hierbei rotiert der Preform für eine gleichmäßige Aufheizung (bei rotationssymmetrischen Flaschen)
- Die äußeren Schichten des Preforms müssen durch Lüfter gekühlt werden, um dort eine Überhitzung zu vermeiden, damit auf der Innenseite die kritische Verstrecktemperatur erreicht werden kann.

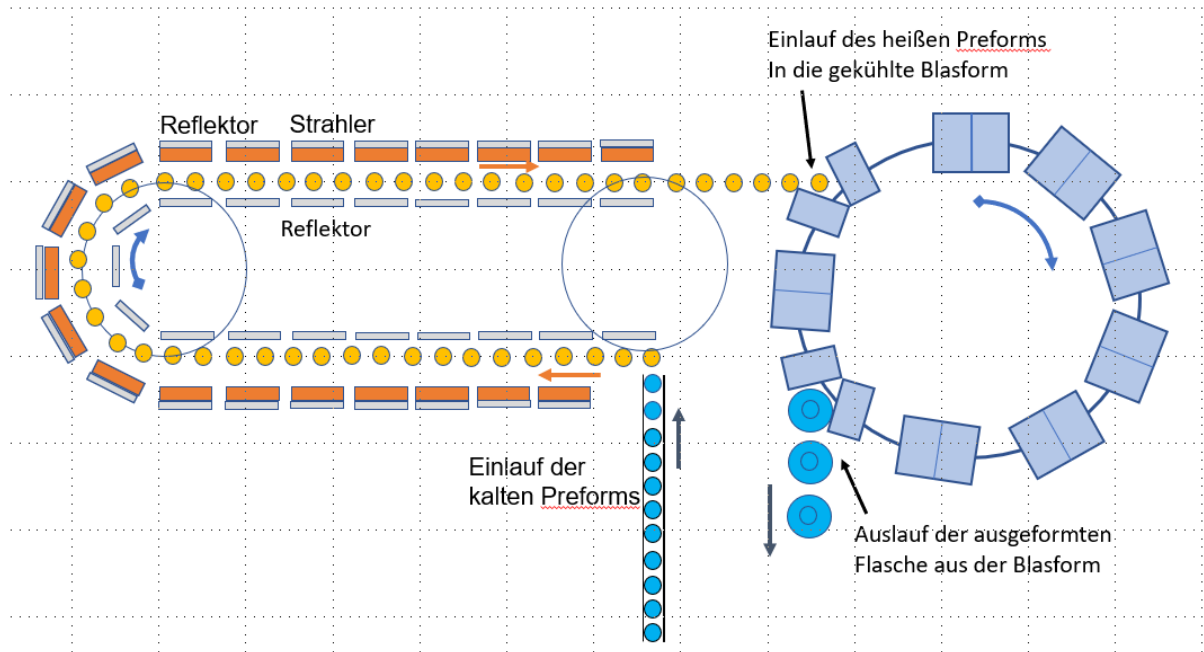


Bild 4.2. Aufheizung des Preforms und Aufblasen zur Flasche beim Streckblasprozess /6/

Im zweiten Teil der Anlage werden die geeignet vorgeheizten Preforms in ihre Endform aufgeblasen (s. Bild 4.2):

- Der aufgeheizte Preform wird in die geöffnete Blasform eingebracht, die dann verschlossen wird.
- Mit einer Reckstange wird der Prefom in Längsrichtung vorgereckt.
- Danach wird mit hohem Blasdruck (bis zu 40 bar) die Flasche in die temperierte Form geblasen.
- Nach dem Blasprozess kann die Flasche entformt und mittels Neckhandling den weiteren Prozessen zugeführt werden.

Mit diesen Streckblasanlagen sind sehr hohe Leistungen von bis zu 2800 Flaschen/h pro Station bei bis zu 36 Stationen realisierbar /20/. In /16/ werden für 1500 ml -Flaschen Werte von bis 85.000 Flaschen/h angegeben.

4.2.2 Weitere Barriereverbesserungen der PET-Flasche durch Innenbeschichtungen

Das biaxial verstreckte PET bietet schon von Hause aus gute Gasbarrierewerte, die aber durch Beschichtungen vorzugsweise auf der Innenseite noch deutlich verbessert werden können.

SiO_x-Innenbeschichtung sind für bis zu 48.000 Flaschen/h /9/ möglich, alternativ werden auch Beschichtungen mit Kohlenstoff angeboten /10/. Die Schichtdicken sind sehr gering und bewegen sich im Bereich < 100 nm

4.2.3 Aseptische Abfüllung

Der Ablauf der aseptischen Abfüllung ist grundsätzlich wie folgt:

- Vorsterilisation des flüssigen Produktes vorzugsweise durch eine UHT-Anlage (Ultrahocherhitzung)
- Vorsterilisation der Verpackungskomponenten durch H₂O₂
- Zusammenführung des vorsterilisierten Produktes und der vorsterilisierten Verpackungskomponenten
- Füllen und Verschließen in der Anlage gekapselt unter aseptischen Bedingungen

Hierbei werden Abfüllgeschwindigkeiten von bis zu 36.000 Flaschen/h erreicht /21/



Bild 4.3. Aseptische Abfüllanlage für PET-Flaschen /21/

Ein anderer Maschinenersteller kombiniert die Streckblasmaschine blockweise mit einer aseptischen Füllanlage /22/

4.2.4 Sleeven der gefüllten und verschlossenen Flaschen

Um eine vergleichbare Präsentationsfläche wie beim Beutel zu erreichen, bietet sich für die Flasche das Sleeve des gesamten Flaschenkörpers an /23/:

- Der Sleeve wird als einschichtige Folie durch Extrusion mit nachfolgender Verstreckung i.d.R. aus PET oder Polyolefinen mit Dicken von ca. 30 µm hergestellt.
- Dieser Folie wird beim Konverter im Flexo- oder bei niedrigen Auflagen im Digitalverfahren bedruckt und als Schlauch längs verschweißt.
- Die gefüllte Flasche wird dann mit dem Sleeveschlauch umhüllt, der abgelängt und danach mit der Flasche durch einen beheizten Schrumpftunnel geführt wird, so dass sich der Sleeve voll an die Flaschenkonturen anlegt.

Alternativ sind für die PET-Flaschen auch die Direktbedruckung /24/ oder auch die Etikettierung mit Klebeetiketten denkbar; aus Recyclingsicht bietet der leicht trennbare Sleeve aber hier Vorteile.

Tabelle zu Kapitel 4: Fertigstellung, Füll- und Verschleißprozesse

PP-Standardbodenbeutel mit Barriere und Verschluss		Kommentar	PET-Flasche mit Barriere und Verschluss	Kommentar
Einschweißen, Füllen, Verschließen und der Beutel, Prüfungen			Spritzblasen, Beschichten, (aseptisches) Füllen, Verschließen, Sleeveen vollautomatische Einbringung	
	teilautomatische Einbringung			Vollaseptik z.B. von Ampack, Sidel, Krones und KHS
	Einschweißen Ausgießer	kritischer Schweißprozess		
	Pufferung	sinnvoll, um bei Prozessstörungen ausgleichen zu können.	Umformen	Spritzblasen der Flasche mit integrierter Dichtigkeitsprüfung
			Beschichten	SiOx-Innenbeschichtung der Flasche KHS, Kohlenstoff Sidel
		Beutelloffnung kann kritisch sein, aseptische Füllung für Standbeutel wenig relevant	Flaschenfüllung	sehr hohe Leistungen z.B. KHS: 2800 b/h pro Station, bis zu 36 Stationen
	Beutelfüllung	kann ähnlich wie bei der Flasche gestaltet sein	Flaschenverschluss	KHS Plasmax bis zu 48.000 b/h
	Beutelverschluss			Aseptische Befüllung und Verschließung der Flasche
				s. Beutel
				Erst hier wird die Produktvariante definiert
	Dichtigkeitsprüfungen notwendig	komplex bei Mikrolekagen (my Bereich) insbesondere in den Schweißnähten		Sleeven der gefüllten Flasche
Haltezeit nach Füllen und Verschließen	begrenzt wegen Keimwachstum vor Sterilisation			Aseptisch gefüllte Flasche ist direkt sicher lange Zeit haltbar.
				Gefüllte Flasche stabiler als leere Flasche

5 Barriereaspekte

5.1 O₂-Barriere von Folie und Beutel

Die O₂-Barriere hochwertiger keramisch beschichteter Folien liegt bei 0,1 cm³/m² d bar für 100 % O₂ /25 /. Die Folienfläche eines 500 ml Beutels liegt bei etwa 0,06 m², was zu einem theoretischen OTR-Wert von 0,006 cm³/pack führt.

Dieser Wert verschlechtert sich

- durch den Knick in der Bodenfalte
- durch den Ausgießer, wenn es dort keine Gasbarriere gibt
- durch die Schweißnähte
- durch den Sterilisationsprozess

5.2 Barriere der Flasche ohne Verschluss

Die Barriere der beschichteten PET-Flasche ohne Verschluss für 0,21 % O₂

Im BMBF Bericht für Ketchup /26/ werden OTR-Werte zwischen 0,0004 und 0,004 cm³/pack day angegeben.

5.3 Vergleich der Barrieren

Der Vergleich zeigt, dass die Größenordnungen der OTR-Werte für beide Verpackungsarten ähnlich sind.

Die Flaschenbarrieren hängen sehr stark von den PET-Wandstärken und der Flaschengeometrie ab und müssen immer individuell ermittelt werden.

Tabelle zu Kapitel 5: Barriereaspekte

PP - Standbodenbeutel mit Barriere und Verschluss		Kommentar	PET-Flasche mit Barriere und Verschluss		Kommentar
O2-Barriere Folie	ca. 0,1 cm ³ /m ² d bar für 100 % O ₂ , 500 ml ca 0,06 m ² -> 0,006 cm ³ /pack	Verschlechterungen durch Knicke, Bodenfalte und Ausgießer			
			Barriere Flasche ohne Verschluss für 0,21 % O ₂	0,0025 cm ³ /pack day	keine Knickgefahren für keramische Barrieren

6. Produktnachbehandlung

6.1 Sterilisation der Beutel

Die abgefüllten Beutel müssen für die Sterilisation im meist üblichen Standautoklaven wie folgt vorbereitet werden:

- Genaue lagenweise Beutelablage auf geeigneten stapelbaren Trays
- Stapelung der Trays
- Zusammenstellung der Traystapel zu Zügen für jeweils eine Autoklavenladung.
- Mit diesen Zügen wird der einzelne Autoklav oder werden wechselnd mehrere Autoklaven beschickt.

Die übliche Sterilisationstemperatur liegt bei 121 °C. Die üblich Sterilisationszeit mit Aufheizen, Haltezeit und Kühlen liegt i.d.R. bei 90 min. Die Wartezeit vor der Autoklavierung darf nicht zu lang werden, um eine zu große Vorverkeimung des Produktes zu vermeiden.

Die Entladung der Autoklaven erfolgt in umgekehrter Reihenfolge wie die Beladung:

- Zugweise Entladung der Autoklaven
- Endstapelung der einzelnen Traystapel
- Beutelentladung der einzelnen Trays

Der Aufwand für diese Prozesse ist sehr hoch:

- Sehr hoher Automationsaufwand für die Be- und Entladung
- Hoher Energie- und Medienaufwand für die Sterilisation
- Sehr großer Platzbedarf, sehr hohe Gewichte der Anlagen

Der Vorteil dieser Prozesse besteht darin, dass auch stückige Güter wie Reis oder Fleischstücke (Petfood) auf diese Art haltbar gemacht werden können.

Typische Darstellungen dieser Be- und Entladeprozesse sind unter /27/ und /28/zu finden.

Alternativ können auch kontinuierliche Sterilisationen mit weniger Handlingsaufwand eingesetzt werden, die aber ein anderes Eigenschaftsprofil besitzen, auf das hier nicht näher eingegangen wird.

6.2 Aseptische Abfüllung der PET-Flaschen (s. Kapitel 4.2.3.)

Die Sterilisation des Produktes in der UHT, die H₂O₂ Sterilisation der Verpackung und die aseptische Abfüllung werden schon in Kapitel 4.2.3. beschrieben, d.h. nach dem aseptischen Füllprozeß ist für die Flaschen keine weitere Nachbehandlung des Produktes notwendig.

Tabelle zu Kapitel 6: Produktnachbehandlung

PP - Standbodenbeutel mit Barriere und		Kommentar	PET-Flasche mit Barriere und Verschluss		Kommentar
Sterilisation				Sterilisation des Produktes in der UHT, H2O2 Sterilisation der Verpackung, d.h. keine Nachbehandlungen, deutlich geringerer Energieaufwand als bei Vollsterilisation	stückige Güter nicht sterilisierbar
		Pufferung und Beschickung der Autoklaven	Sterilisationen		
		Autoklavierung ca 121 oC, Gesamtdauer 90 min,			
		Entladung Autoklaven mit Pufferung			

7. Endverpackung und Logistik

7.1. Endverpackung der Beutel

Die im Vergleich zur Flasche empfindlicheren Beutel müssen für die Logistik und Transporte besser geschützt werden:

- Die sterilisierten Beutel müssen für die Endverpackung aufgereiht, sortiert gegriffen und schonend in Kartons eingesetzt werden. Ein Stauraum auf den Bändern wie bei Flaschen ist hier nicht möglich.
- Wegen der konzeptbedingten scharfen Folienkanten muss darauf geachtet werden, dass sich die Beutel bei diesen Prozessen nicht gegenseitig aufschlitzen.
- Bei der Kartonauslegung muss berücksichtigt werden, dass die Beutel das Gewicht nicht mittragen, d.h. der unterste Karton einer Palette muss für die gesamte darüberliegende Last mit Stoßbelastungen ausgelegt werden (selbsttragende Kartons).
- Nach der Palettierung der Kartons kann die Palette umwickelt werden.
- Risiko: Liegen Undichtigkeiten z.B. durch Schweißfehler vor, können im Lager oder beim Transport sehr große Folgeschäden entstehen, da auch tiefer gelagerte Paletten durch auslaufendes Produkt geschädigt werden.

7.2. Endverpackung der Flaschen

Das Handling der Flaschen gestaltet sich einfacher als bei Beuteln, da es sich im gefüllten Zustand um starre oder halbstarre Gebinde handelt:

- In vielen Fällen sind Stau- und Pufferbereiche möglich und einfache Bänder für den Transport der Gebinde ausreichend.
- Weiterhin sind die Fallfestigkeiten von PET-Gebinden deutlich besser als die von Polyolefinbeuteln

Für die Transportverpackung können folgende Konzepte genutzt werden:

- Direkte Umschrumpfung von Flaschengruppen und deren Palettierung ggf. mit Kartonzwischenlagen
- Flaschengruppen auf einfachen Trays mit Umschrumpfung
- Flaschengruppen in Kartons die nicht selbsttragend sein müssen

Insgesamt ist das Risiko von Undichtigkeiten für Flaschen deutlich geringer als bei geschweißten Beuteln, da die PET-Flaschen stabiler sind, und es zu mindestens im Flaschenkörperbereich keine Schweißungen gibt.

Tabelle zu Kapitel 7: Endverpackung und Logistik

PP - Standbodenbeutel mit Barriere und		Kommentar	PET-Flasche mit Barriere und		Kommentar
Endverpackung	Aufreihung und Einbringen in Kartons	Beutel trägt im Karton nicht mit		Aufreihung und Einbringen in umschrimppte Trays oder Kartons	Flasche trägt im Tray, Karton mit, oder umschrimpt voll
	Palettierung und Folienschrumpfung			Palettierung und Folienschrumpfung	
Logistik	Risiko von Undichtigkeiten (Schweißfehler, mechanische Festigkeit)		Logistik	geringes Risiko von Läufem	

8. Nutzung und Anwendung

8.1 Beutel

Die Beutel als flexible Verpackung zeigen in der Anwendung noch andere Eigenschaften als halbstarre oder starre Flaschen.

Bei entsprechendem Beuteldesign ist das Auslaufen des flüssigen Produktes allein durch Schwerkraft mit geringen Restvolumina und ohne große vorherige Kopfräume möglich.

Eine Fallfestigkeit im Bereich von 1 m ist für den Standbodenbeutel aus Polyolefinen möglich, aber schlechter als bei bisherigen gemischten Verbunden mit OPA und auch schlechter als bei der PET-Flasche.

8.2 Flasche

Ein Auslaufen durch Schwerkraft ist bei entsprechendem Flaschendesign nur mit größeren Kopfräumen als bei Beuteln möglich.

Die häufigste Nutzung ist die der Flüssigkeitsverpackung, da i.d.R. ein typisches Flaschenverhalten vorliegt:

- Bier
- Wein, Säfte
- Ketchup
- Saucen

Die Fallfestigkeit liegt deutlich über 1 m, die PET Flaschen von CocaCola galten in den 80er Jahren als unkaputtbar.

Die Flasche besitzt ohne Belüftung schlechteres passives Auslaufverhalten als der Beutel. Bei empfindlichen Füllgütern kann die ungefilterte Belüftung zur Verkeimung des Produktes führen.

Tabelle zu Kapitel 8: Nutzung und Anwendung

PP -Standbodenbeutel mit Barriere und		Kommentar	PET-Flasche mit Barriere		Kommentar
Auslaufverhalten durch Schwerkraft	sehr gutes Auslaufverhalten mit sehr geringen Restvolumina möglich		Auslaufverhalten durch Schwerkraft	Auslaufen nur mit größeren Kopfräumen möglich abhängig von Steifigkeit der Flasche	
Nutzung als Trinkverpackung	nur durch Ausdrücken	Capri Sonne, Yoghurts	Nutzung als Trinkverpackung	i.d.R. typisches Flaschenverhalten muss gequetscht werden	Bier, Wein, Säfte
Restvolumen	sehr gering		Restvolumen		
Fallfestigkeit	1 m möglich, aber schlechter als bei Verbunden mit OPA		Fallfestigkeit	>> 1 m, sehr stabil	PET Coca Cola Flaschen galten in den 80ern als unkaputtbar

9 Recycling

9.1 Beutel

Das Restvolumen des Beutels ist durch das sich Zusammenlegen der Folien nach Gebrauch minimal. Mit den neuen Entwicklungen sind PP-Anteile von > 90 % möglich, womit formal eine Recyclingfähigkeit attestiert wird.

Wegen des vorliegenden PP- Materialmixes ist derzeit wirtschaftlich nur ein Downcycling möglich.

In Japan, einem Vorreiterland für flexible Verpackungen ist dagegen das thermische Recycling zulässig /29/.

Erschwerend kommt hinzu, dass bei sterilisierbaren Verbunden die Bedruckung mit ca. 1 my Druckfarbe als Konterdruck vorliegt.

9.2 Flaschen

Zur Verringerung des Restvolumens müssen die Flaschen gequetscht werden.

Die mechanische Trennung von Flasche, Verschluss und Sleeve ist wegen der unterschiedlichen Materialdichten leicht möglich.

Der bedruckte Sleeve kann so leicht separiert werden.

9.3 Kreisläufe in der Schweiz

Die praktischen Recyclingaspekte werden nachfolgend insbesondere für die Schweiz betrachtet, die aus den folgenden Gründen interessant sind:

- Hochpreisiger Markt
- Innovationsfreudig
- Zentral in Europa mit verschiedenen Sprachgruppen, d.h. sehr repräsentativ für Europa

Es gibt in der Schweiz folgende Unterscheidungen beim Rücklauf der Verpackungen:

- PETRecycling.ch /30/:

Reine PET Verpackungen Start seit 1991

- RecyBag.ch /31 /:

Andere Kunststoffverpackungen und
Getränkekartons Start seit 2025

Die echten PET Kreisläufe bestehen in der Schweiz im Jahr 2023 mit 84 % Anteil, damit ist dieses Land hier weltweiter Vorreiter. Auf PET-Getränkeflaschen wird ein vorgezogener Recyclingbeitrag (vRB) erhoben, der beim Kaufpreis enthalten ist.

Der RecyBag ist mit Volumina zwischen 17l – 110 l käuflich erwerbbar. Der Verbraucher wird so zu sparsamen Umgang mit Verpackungsmaterial „erzogen“.

Tabelle zu Kapitel 9: Recyclingaspekte

PP - Standbodenbeutel mit Barriere und Verschluss		Kommentar		PET-Flasche mit Barriere und Verschluss	Kommentar
Restvolumen nach Gebrauch			Restvolumen nach Gebrauch		
	minimal			muss gequetscht werden	
	PP-Anteil von > 90 % möglich	wegen PP- Materialmix derzeit nur Downcycling möglich, SUP Tagung 2024, in Japan thermisches Recycling		Mechanische Trennung Flasche, Verschluss und Sleeve wegen unterschiedlicher Materialdichten leicht möglich	
Bedruckung	ca. 1 my Druckfarbe im Verbund			Bedruckter Sleeve kann leicht separiert werden.	
Kreisläufe	Rücklauf flexible Verpackung in CH in Vorbereitung	Erfahrungen starten gerade.	Kreisläufe	Echte PET Kreisläufe bestehen z.B. in CH mit 2023 mit 84 % Anteil, weltweiter Vorreiter	Erfahrungen seit 1991 in CH

10 Fazit von Standbodenbeutel und PET-Flasche im Vergleich

Die vergleichende Betrachtung zeigt sofort, dass es für die PET-Flasche sehr viele Vorteile gibt:

- (++) Wenige und sehr ausgereifte Herstellschritte
- (++) Geringe Verlustraten
- (+) Option der aseptischen Abfüllung
- (++) Erfahrungen mit geblockten Anlagen sind verfügbar.
- (++) Schon langjährige gute Erfahrungen im Recycling
(in der Schweiz > 30 Jahre), bedruckter Sleeve ist leicht trennbar
- (+) Durch gute mechanische Festigkeiten einfache und sichere Logistik

Nachteilig ist, dass sich die PET-Flasche nach dem Entleeren nicht voll flachlegen kann:

- (-) schlechteres Auslaufverhalten ohne Belüftung
- (-) höheres Restvolumen, dies kann durch Zusammenpressen reduziert werden

Der PP-Standbodenbeutel hat ein anderes Eigenschaftsprofil insbesondere in Bezug auf die Entleerung:

- (++) Sehr gutes Auslaufverhalten ohne Belüftung
- (++) Sehr geringes Restvolumen
- (++) Minimales Gewicht

In der Herstellung ist der Standbodenbeutel sehr aufwändig:

- (-) Sehr viele Herstellschritte, die gut aufeinander abgestimmt werden müssen
- (-) Hohe Anfahr- und Schneideverluste insbesondere bei kleinen Chargen
- (-) Im Schweiß- und Füllbereich geringere Leistungen als bei Flaschen

Die Recyclingfähigkeiten sind noch nicht voll geklärt:

- (?) Aufwände für PP-Aufbereitung noch sehr hoch, hier steht man noch am Anfang der Entwicklung. Derzeit sind recycelte Polyolefine teurer als Neuware /29/.

- (--) Direkt bedrucktes Verpackungsmaterial führt zu Verunreinigungen oder hohen Reinigungsaufwänden

Die oft notwendige Sterilisation zeigt folgende Merkmale:

- (++) Auch stückige Füllgüter können haltbar gemacht werden.
- (--) Der Anlagen- und Energieaufwand für die Sterilisation ist sehr hoch.

In der Logistik zeigen sich für den Standbodenbeutel die folgenden Merkmale:

- (-) Insgesamt sind Beutel wegen der vielen Schweißstellen empfindlicher als Flaschen.
- (-) Der Aufwand für Transportverpackungen ist höher als bei Flaschen.
- (-) Die mechanischen Festigkeiten sind meist geringer als bei Flaschen.
- (-) Undichtigkeiten können zu hohen Folgekosten führen.

Die Vorteile der PET-Flasche sind auch auf den ersten Blick frappierend. Dennoch gibt es einzelne Aspekte, die nur durch den Beutel und nicht durch die Flasche erfüllt werden können.

Quellen:

- /1/ Jörg D. Schönwald: Stand Up Pouches on the Way to the Future
8. Europäische Standbodenbeutel-Konferenz, 6 und 7. November 2024
- /2/ Susanne Zobel-Reusch: STAND-UP POUCHES -SUSTAINABLY WELL
POSITIONED WITH PE & PP MONOFILMS, 8. Europäische Standbodenbeutel-
Konferenz, 6 und 7. November 2024
- /3/ https://www.toppan.com/en/living-industry/packaging/products/barrier_film/
- /4/ The future of MAXIVE a gas barrier adhesive for mono-material packaging 22.
Inno-Meeting: Minimalverpackung Flexpack - Trends und Technologien 2025
- /5/ <https://www.kunststoffe.de/a/grundlagenartikel/polyethylenterephthalat-pet-285552> Ausgabe 5/2025
- /6/ Michael Thielen, Klaus Hartwig, Peter Gust: Blasformen von Kunststoff
Hohlkörpern, Karl Hanser 2006, Kapitel 3 Streckblasformen
- /7/ [https://www.khs.com/produkte/maschinen-anlagen/detail/khs-innopet-
blomax-serie-v](https://www.khs.com/produkte/maschinen-anlagen/detail/khs-innopet-blomax-serie-v)
- /8/ [https://www.interpack.de/de/Media_News/interpack_Magazin/GETR%C3%84
NKEVERPACKUNGEN/Getr%C3%A4nkeverpackungen_News/Die_leichteste_Flasc
he_der_Welt](https://www.interpack.de/de/Media_News/interpack_Magazin/GETR%C3%84NKEVERPACKUNGEN/Getr%C3%A4nkeverpackungen_News/Die_leichteste_Flasche_der_Welt)
- /9/ <https://competence.khs.com/technologie/erfolgsmodell> Innopet Plasmax
12.6.2024
- /10/ [https://sideltest.dyndns.org/de/barrierebeschichtung/beschichtung-actis-
pd-95](https://sideltest.dyndns.org/de/barrierebeschichtung/beschichtung-actis-pd-95)
- /11/ <https://www.sidel.com/de/%C3%BCber>
sidel/medien/pressemitteilungen/actis-apr-nw-426
- /12/ Christian Hopmann, Walter Michaeli: Einführung in die
Kunststoffverarbeitung 8. Aktualisierte Auflage 2017, Kapitel 6.1.2.3.
Anlagenbeispiele Flachfolien- und Blasfolienextrusionsanlage
- /13/ Benjamin Pott, Evaluating the Potential of Cast Films and MDO Technology
Inno-Meeting: Minimalverpackung Flexpack - Trends und Technologien 2025
- /14/ Christian Hopmann, Walter Michaeli: Einführung in die
Kunststoffverarbeitung 8. Aktualisierte Auflage 2017, Kapitel 6.3. Spritzgießen
- /15/ Lea Middendorf: Sustainability and technology combined -Spouts for stand-
up pouches, 8. Europäische Standbodenbeutel-Konferenz, 6 und 7. November
2024
- /16/ Christian Hopmann, Walter Michaeli: Einführung in die
Kunststoffverarbeitung 8. Aktualisierte Auflage 2017, Kapitel 6.2.2. Streckblasen

/17/ <https://www.kunststoffe.de/a/news/recyclingfaehige-barrieresysteme-fuer-na-2795910>, Juli 2022

/18/ Stefano Di Maiolo: High-performancemono-material pouches with ultrasonic sealing, 8. Europäische Standbodenbeutel-Konferenz, 6 und 7. November 2024

/19/ Michael Baumann SUP's & PPWR – Valuetainable with ultrasonic sealing 8. Europäische Standbodenbeutel-Konferenz, 6 und 7. November 2024

/20/ <https://www.khs.com/produkte/maschinen-anlagen/detail/khs-innopet-blomax-serie-v>, Homepage 2025

/21/ <https://www.ampack-solutions.com/#losungen>

/22/ <https://competence.khs.com/technologie/mehr-drin>

/23/ <https://www.krones.com/en/products/machines/the-labeller-for-sleeves.php>

/24/ <https://www.krones.com/de/unternehmen/presse/bereit-fuer-den-industriellen-einsatz.php>

/25/ https://www.toppan.com/en/living-industry/packaging/products/barrier_film/

/26/ BMBF Abschlussbericht 13 N 8906, 2008

/27/ <https://lanhandling.com/de/retort-room-automation/>

/28/ <https://jorgensen.dk/industry/healthcare/>

/29/ Glatz: Beutel im Drogeriewarenbereich

8.Europäische Standbodenbeutel-Konferenz, 6 und 7. November 2024

/30/ <https://petrecycling.ch/>

/31/ recybag.ch