

CO<sub>2</sub>-Fußabdruck

# Sortenreine Folien-Verpackung mit Wasserfarbendruck



**FROSTA AG**  
**Bremerhaven**

04. Oktober 2016

## INHALTSVERZEICHNIS

1	VORWORT.....	3
2	ZUSAMMENFASSUNG.....	4
3	ALLGEMEINE ANGABEN ZUR BERECHNUNG .....	5
4	MODELLIERUNG .....	7
5	ERGEBNISSE.....	8
6	SENSITIVITÄTSANALYSE UND DISKUSSION DER ERGEBNISSE .....	9
7	INTERPRETATION DER ERGEBNISSE .....	10

*Abkürzungen: Abb.: Abbildung, Äq: Äquivalent, CO<sub>2</sub>e: Kohlendioxid Äquivalent, DTI: Deutsches Tiefkühlinstitut, FW: Fertigware, DSD: Duales System Deutschland, g: Gramm, kg: Kilogramm, LEH: Lebensmitteleinzelhandel, Lösgm.: Lösungsmittel, PCF: Product Carbon Footprint, Pkw: Personenkraftwagen, RW: Rohware, SUV: Sport Utility Vehicle, u.a.: unter Anderem, z.B.: zum Beispiel*

Autor:  
Urban Buschmann,  
FRoSTA AG, Nachhaltigkeit

## 1 Vorwort

FROSTA führte vor über zehn Jahren das Reinheitsgebot für Zutaten ein, das auf dem die Natürlichkeit der Zusammensetzung der Zutaten, den Ernährungswert und einen unverfälschten Geschmack fokussiert. Das Reinheitsgebot stellt auch den zentralen Wert der 2009 eingeführten Nachhaltigkeitsstrategie des Unternehmens dar.

Auch die entwickelten Ansprüche der FROSTA an die Verpackung werden unter dem Dach der Nachhaltigkeit betrachtet und bedeuten letztlich eine Ausdehnung des Reinheitsgebotes auf die Verpackung. Zunächst wurde in allen Bereichen die Reduktion des Verpackungseinsatzes festgelegt. An die Zusammensetzung der Verpackung werden strenge Maßstäbe gesetzt, um die Auswirkungen auf Mensch und Umwelt möglichst gering zu halten (u.a. kein Einsatz von Aluminium, keine allergene Wirkung ausgehend von der Verpackung, Vermeidung kritischer Stoffe). Während einige FROSTA-Primärverpackungen (Faltschachtel oder Kartontray) bereits im Wesentlichen aus nachwachsenden Rohstoffen (Holz) hergestellt werden, wird bei der Folienverpackung hinsichtlich Nachhaltigkeit insbesondere auf die stoffliche Verwertung und die Umweltentlastung durch den Einsatz von wasserbasierten Druckfarben anstelle von Druckfarben, die organische Lösungsmittel enthalten, gesetzt.

Im Vorfeld dieses Projektes betrachtete FROSTA verschiedene Packstoffe als einen möglichen Ersatz für die bis dahin eingesetzten PP/PE-Folien. Außer einer reinen Reduktion von Material wurde u.a. auch ein Einsatz anderer Materialien, z.B. die kompostierbare Folie bzw. Folie aus nachwachsenden Stoffen betrachtet. Hierzu wurde die vorläufige Einschätzung vorgenommen, dass diese Materialien momentan (noch) nicht die optimalste Lösung für den Einsatz bei FROSTA darstellen. Die Entwicklung dieses Sektors wird jedoch weiter beobachtet. Betrachtet wird in dieser Untersuchung jedoch der Einsatz von Monomaterialien anstelle von Mischmaterialien.

Die vorliegende Berechnung basiert auf der Mitarbeit der FROSTA AG im PCF Pilotprojekt Deutschland. Basis für die Arbeiten waren die internationalen Normen für Ökobilanzen (ISO 14040 und 14044), die den wesentlichen methodischen Rahmen für die Ermittlung der Product Carbon Footprints bildet. Als weitere wichtige Grundlage diente die britische Subnorm PAS 2050<sup>1</sup> sowie das Memorandum Product Carbon Footprint<sup>2</sup>. Auch der Branchenleitfaden für die Erstellung von Klimabilanzen für Tiefkühlprodukte<sup>3</sup> und die bereits veröffentlichte ISO/TS 14067 werden berücksichtigt.

Auf dieser methodischen Basis wurde auch diese PCF-Berechnung der neuen FROSTA-Folien durchgeführt.

Bremerhaven 04. Oktober 2016

---

<sup>1</sup> PAS (2008). <http://shop.bsigroup.com/en/Browse-by-Sector/Energy--Utilities/PAS-2050/>; Stand 30.05.10

<sup>2</sup> GRIEßHAMMER R., HOCHFELD Chr. (2009). Memorandum Product Carbon Footprint, Positionen zur Erfassung und Kommunikation des Product Carbon Footprint für die internationale Standardisierung und Harmonisierung, Öko-Institut, UBA, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

<sup>3</sup> DTI (2013). Klimabilanz Tiefkühlkost. Branchenleitfaden für die Erstellung von Klimabilanzen für Tiefkühlprodukte. September 2013

## 2 Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Projektes wird die FRoSTA-Beutel-Verpackung untersucht. Die Bilanzierungsgrenzen umfassen die Herstellung der Verpackungsbestandteile (z.B. Granulatherstellung und Extrusion, Herstellung von Druckfarben und des Kaschierklebers, Energie zum Bedrucken, Beseitigung der Abgase und Reinigung des Waschwassers) sowie das Recycling. Hauptsächlich wird in dieser Untersuchung das Bedrucken mit Wasserfarben im Konterdruckverfahren betrachtet. Parallel wird auch die Technologie der Lösungsmittelfarben dargestellt. Als funktionelle Einheit (FE) wird der Verpackungsbedarf für 100g eines FRoSTA-Produkts definiert.

Die kaschierte PP-Folie bedruckt mit Wasserfarben verursacht Emissionen von ca. 2,9 g CO<sub>2</sub>e/ FE (Inkl. des Recyclings). In der Abb. 1 wird ersichtlich, dass dieser Werte, ohne Recycling) zu über 90% von dem

Folienmaterial beeinflusst wird. Der hohe Anteil der Folie an der Umweltwirkung der Verpackung unterstreicht die Bedeutung ihrer guten stofflichen Wiederverwertung (Recycling).

Neben der Untersuchung der neuen FRoSTA-Folien wurde die bisherige Bedruckung von Mischfolien mit Lösungsmittelfarben betrachtet. In der Tab.1 werden diese Ergebnisse auf verschiedenen Prozessstufen dargestellt.

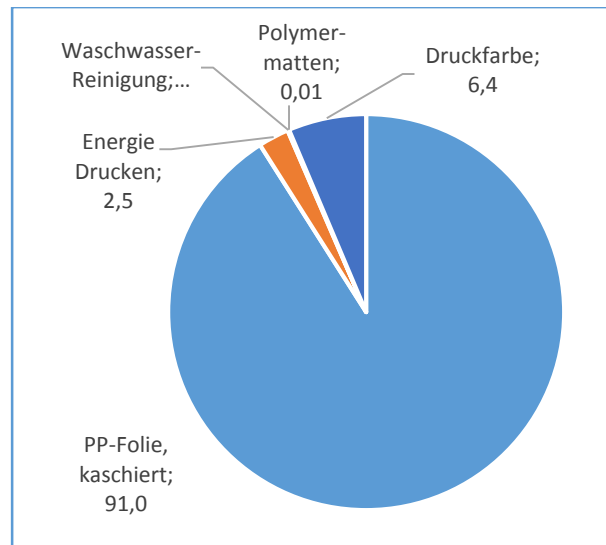


Abb. 1 Aufteilung der CO<sub>2</sub>e-Emissionen in % für die bedruckte PP-Folie mit Wasserfarben<sup>4</sup>

Tab. 1 CO<sub>2</sub>e- Emissionen der PP/PE Folie mit Lösungsmittelfarben und der neuen PP-Folie mit Wasserfarben<sup>5</sup>

	PP/PE-Folie m. Lösungsmittel-Farben	PP kaschiert m. Wasser-Farben	%
Nur Drucken mit Energie- und Abfallmanagement	0,56 (0,67)	0,35	63 (53)
Bedruckte Folie	4,71	3,92	83
Bedruckte Folie mit Recycling	3,62	2,90	80

Der Einsatz von Wasserfarben stellt auf jeden Fall einen Umweltfortschritt dar. Dieser ist insbesondere auf der Stufe des Vergleichs der beiden Drucksysteme mit ca. 37% Vorteil zugunsten der Wasserfarbe zu sehen.

Im Fall von kleineren Druckereien, die keine hoch entwickelte und effiziente Wärmerückgewinnung betreiben, steigt der Vorteil des Wasserdrucks bis auf fast 50% (Tab. 1, Werte in Klammern, siehe auch Kap.6. Sensitivity).

Die Erarbeitung der Umweltvorteile der FRoSTA-Folie erfolgte in Zusammenarbeit mit mehreren Partnern<sup>6</sup> zusammen.

<sup>4</sup> Ohne Recycling

<sup>5</sup> In beiden Fällen ist mit einer Energierückgewinnung gerechnet, wobei bei Lösungsmittelfarben keine zusätzliche Energie zum Verbrennen von Abgasen benötigt wird.

<sup>6</sup> In Fragen des Recycling: Der Grüner Punkt, Zum Wasserfarbendruck: Folian GmbH, WKA (Warburger Klischeeanstalt GmbH), Follmann GmbH & Co.

### 3 Allgemeine Angaben zur Berechnung

#### Ziel der Untersuchung

Ziel der Untersuchung ist die Ermittlung der Treibhausgasemissionen, die durch die Verpackung eines FRoSTA-Tiefkühl-Produktes entstehen: von der Erzeugung der Folienbestandteile, der Bedruckung mit wasserbasierten und lösemittelbasierten Farben, der Kaschierung sowie der Entsorgung der Abfälle.

Mit diesem Hintergrundwissen wird ein CO<sub>2</sub>e-Reduktionsprogramm unterstützt.

#### Funktionelle Einheit

Folgend dem Leitfaden für die Erstellung von Klimabilanzen für Tiefkühlprodukte des DTI wird als funktionelle Einheit (FE) der Bedarf der Verpackung für 100 g eines FRoSTA-Produktes definiert. Dies entspricht einem Fünftel einer FRoSTA-Packung von 500 g. Bei Rechenvorgängen mit der Folie wird mit einem Rapport von 250 mm und einer Rollenbreite von 495 mm gerechnet.

#### Datenqualität

Die Anforderungen an die Datenqualität sind in der Datendokumentation festgelegt und ihre Einhaltung wird extern überprüft. Grundsatz ist, dass für alle Prozesse in der Druckerei Primärdaten aufgenommen werden.

Die verwendeten Daten sollen jeweils so aktuell wie möglich sein. Die Rezepturen und die Zusammenstellung der Farbbestandteile sind mit dem Farbhersteller abgestimmt worden. Die Details des Bedruckens, des Energieeinsatzes und der Entsorgungsverfahren werden aus Primärdaten der Druckerei entnommen. Die einzelnen Datensätze, aus denen die CO<sub>2</sub>-Äquivalente für die einzelnen Materialien, Energieträger, Lagerung, Transporte, Recycling, etc. berechnet werden, werden in einer zentralen Datenbank verwaltet. Des Weiteren wird, wenn die entsprechenden Daten verfügbar sind, der spezifische geographische Bezug berücksichtigt. Der technologische Bezug entspricht der Stand der Technik beim Hersteller, Vereinbartes oder bei weiteren Lieferanten.

#### Systemgrenzen

In der Produktklimabilanz werden alle Treibhausgasemissionen erfasst, die entlang des folgenden Produktlebenszyklus (Abb.2) anfallen.

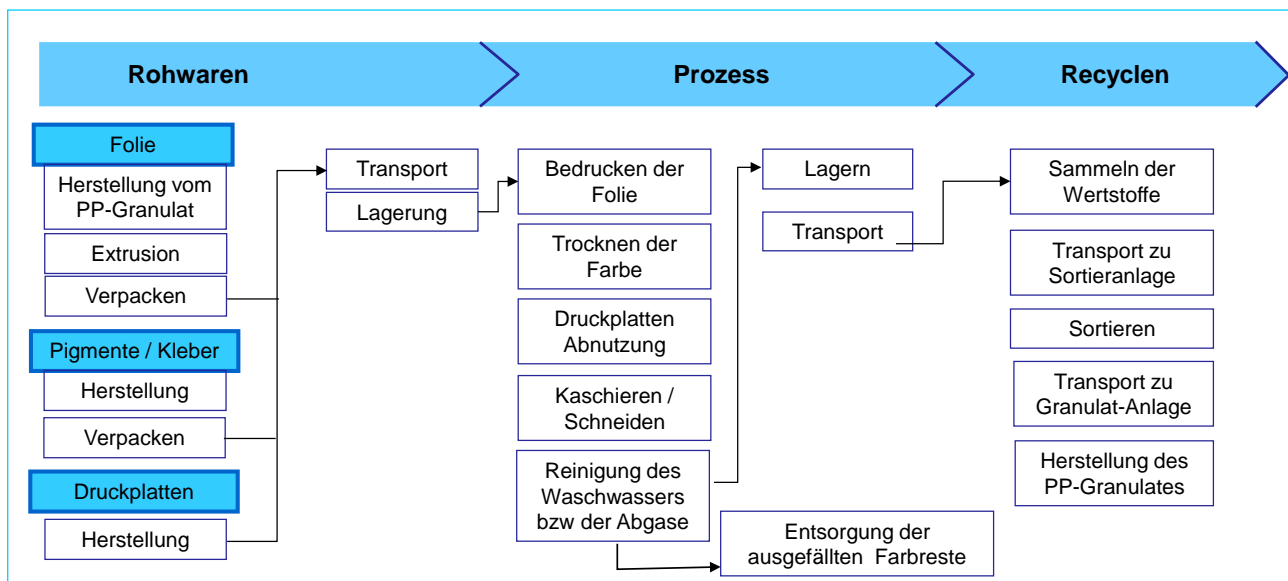


Abb. 2 Systemgrenzen der Untersuchung der FRoSTA-Folie

## Methoden und kritische Prüfung

Die Bilanzierung erfolgt nach den Regeln der ISO 14040/44 für Produktökobilanzen. Auch der Branchenleitfaden für die Erstellung von Klimabilanzen für Tiefkühlprodukte<sup>7</sup> und die ISO 14067 werden berücksichtigt. In Übereinstimmung mit dem Ziel und Untersuchungsrahmen wird hier insbesondere die Wirkungskategorie Treibhauseffekt untersucht. Dies wird durch den Indikator Treibhauspotenzial für einen Zeithorizont von 100 Jahren betrachtet.

Zusätzlich zum Treibhauspotenzial werden in dieser Arbeit auch andere Wirkungskategorien dargestellt. Für diese Wirkungskategorien wird jedoch keine vollständige Ökobilanz nach ISO 14040/44 durchgeführt, denn die Wirkungsabschätzung wird für diese Wirkungskategorien aus den Datensätzen der genutzten Datenbank ecoinvent übernommen. Ecoinvent verwendet zur Wirkungsabschätzung die CML-Methode. Die Auswahl der für diese ökobilanzielle Betrachtung ausgewählten Wirkungskategorien erfolgt nach den zu erwartenden Umweltwirkungen aus der Lebensmittelproduktion, zu erwartenden Anforderungen, die in der ISO 14067 an den Einbezug weiterer Umweltwirkungen gestellt werden, und weiteren Quellen. Vor diesem Hintergrund werden folgende Wirkungskategorien betrachtet: Versauerung, Eutrophierung, Humantoxizität, Abiotische Ressourcenverbrauch und Terrestrische Eco-Toxizität. Darüber hinaus werden der Land- und der Wasserverbrauch, die beide eine hohe Relevanz für landwirtschaftliche Prozesse aufweisen, aufgeführt.

Die kritische Prüfung der angewandten Methoden und der Datenqualität wurde am Basis-Berechnungssystem vorgenommen. Hierzu hat *corsus – corporate sustainability*<sup>8</sup> die Qualität der Grunddaten und die Methodik zu ökobilanziellen Betrachtung von Produkten im FRoSTA-SAP-System kritisch überprüft.

## Allokationsverfahren

In dem hier untersuchten Fall wurde ausschließlich eine mengenmäßige Allokation gewählt. Für die Packstoffe wurde aufgrund des stattfindenden Open-Loop-Recyclings<sup>9</sup> für die Allokation ein 50/50-Ansatz<sup>10</sup> gewählt. Bei Verbrennung von Abfällen wird hingegen eine 100 % Zuordnung vorgenommen.<sup>11</sup>

Die Zuordnung der anteiligen Emissionen bei den Transporten und der Lagerung der Materialien wird unter Berücksichtigung des Palettengewichtes<sup>12</sup> vorgenommen.

## Einschränkungen

Die betrachtete Verpackung von FRoSTA enthält eine ganz bestimmte Komposition an Materialien und wird in einem definierten Prozess verarbeitet, für die der CO<sub>2</sub>-Footprint ermittelt wurde. Aus diesem Grund gelten die Aussagen nur für das untersuchte Material und es können daraus keine allgemeinen Aussagen zu Folienverpackungen insgesamt abgeleitet werden.

---

<sup>7</sup> DTI (2013). Klimabilanz Tiefkühlkost. Branchenleitfaden für die Erstellung von Klimabilanzen für Tiefkühlprodukte. September 2013

<sup>8</sup> [www.corsus.de](http://www.corsus.de)

<sup>9</sup> Einsatz von Stoffen und Produkten in neue Produktionsprozesse und deren Umwandlung in andere, neue Werkstoffe resp. Produkte

<sup>10</sup> Die CO<sub>2</sub>e-Gutschrift wird zu jeweils 50 % zwischen FRoSTA und dem Verpackungshersteller aufgeteilt

<sup>11</sup> Vereinbarung aus dem PCF-Pilotprojekt Deutschland, 2008

<sup>12</sup> Hierbei wird das benötigte Palettenvolumen als Leitgröße betrachtet

## 4 Modellierung

Die untersuchten Verpackungsbestandteile (PP-, PE-Folie, Farben, Kaschierkleber) werden aus Deutschland bezogen.

Bei der Bedruckung der FRoSTA-Folien wird ein zertifizierter grüner Strom eingesetzt. Die Bilanzierung erfolgt jedoch mit dem normalen, „schwarzen“ Strom, da in der 2013 veröffentlichten ISO 14067 diese Art der Bilanzierung gefordert wird.

Ab Anfang 2016 setzt FRoSTA als Grundmaterial ausschließlich Polypropylen-Folien als Laminat mit unterschiedlichen Eigenschaften ein. Zum einen werden Siegeleigenschaften bei der Herstellung des Beutels gefordert und zum anderen ist eine bestimmte mechanische Stabilität und Funktionalität als Öffnungshilfe gefordert. Mit der neuen Folie wird die Dicke der Folien von 60µ (PE/PP-Laminat) auf 55µ der neuen PP-Kombination reduziert bei Einhaltung ähnlicher mechanischen Eigenschaften. Die Bedruckung erfolgt als Flexo-Druck erstmalig mit Wasserfarben, wobei in dem hier angewendeten Konterdruckverfahren<sup>13</sup> keine Lösungsmittel eingesetzt werden. Die Rezeptur der Wasserfarben wird aus Primärdaten des Farbherstellers<sup>14</sup> übernommen und beinhaltet alle Elemente, auch die technischen Hilfsstoffstoffe, die zur Stabilisierung der Lagerung der Pigmente eingesetzt werden (grobe Rezeptur siehe Tab.2).

Bei der Energiebetrachtung werden alle Antriebe der Druckmaschinen, das Trocknen der Farben wie auch die

Kühlen der Folie berücksichtigt. Durch die Wärmerückgewinnung aus der Abluft wird die dem Prozess zugeführte Luft vorgewärmt. Die Reinigung des Waschwassers wird mittels Fällung durchgeführt. Dabei werden die entsprechenden Fällungsmittel sowie die benötigte Energie (elektrischer Strom und Erdgas) ebenfalls miteinbezogen. Die Entsorgung dieses Sonderabfalls wird als Verbrennung kalkuliert. Alle technologische Daten und Verbräuche stammen der Primärangaben des Druckers<sup>15</sup>.

Die Polymer-Druckplatten für den Wasserfarbendruck werden nach Angaben der herstellenden Reproagentur<sup>16</sup> berechnet. In Bezug auf den Grad der Abnutzung der Polymerdaten in diesem Druckverfahren bestehen nur wenig Erfahrungen. In der vorliegenden Berechnung wird eine zwei-fach niedrigere Abnutzung der Polymerplatten beim Wasserfarben-Betrieb angenommen.

Bei der Berechnung des Recyclings werden die Energie zur Herstellung des Stoffes, die Recyclingquote für Deutschland sowie die eingesetzte Energie für den Transport und das Recycling berücksichtigt. Das PP-Laminat kann der FRoSTA-Beutel bereits sortenrein recycelt werden. Auch die Bedruckung leistet einen wichtigen Beitrag zu möglichst hohen Qualität des Regranulats, indem wenig Farbe und sehr helle Farbtöne eine hohe Regranulatqualität unterstützen (Abb.3). In der Bilanzierung werden bei der neuen PP-Folie und für die PE/PP-Folie mit den für Kunststoffe üblichen Recyclingquoten in gleicher Höhe (49,4%<sup>17</sup>) gerechnet<sup>18</sup>.

Tab. 2 Zusammensetzung der Wasser- und Lösungsmittelfarben

WASSERFARBE	%
Pigmente	15
Wasser	55
Ammoniak	0,2
Bindemittel	25
Additive	5
<i>Summe:</i>	<i>100</i>
LÖSUNGSMITTELFARBE	%
Pigmente	15
Lösungsmittel	60
Bindemittel	23
Additive	2
<i>Summe:</i>	<i>100</i>

<sup>13</sup> Die Farbe wird seitenverkehrt auf der Unterseite der Oberflächenfolie gedruckt. In der fertig bedruckten Folie befindet sich der Druck zwischen zwei Folienlagen.

<sup>14</sup> Follmann GmbH & Co

<sup>15</sup> Folian GmbH

<sup>16</sup> Warburger Klischeeanstalt GmbH

<sup>17</sup> UBA (2010).

<sup>18</sup> In Zusammenarbeit mit der Firma Der Grüne Punkt wurden, in Bezug auf das bestmögliche Recycling, Details der neuen Mono-Folie ausgearbeitet. Dieses ging über das Mono-Material weit hinaus, indem auch die helle Bedruckung gezielt gewählt wurde, um die Qualität des Regranulats zu steigern (viel Farbe und dunkler Farbtöne würden den späteren Einsatz des Regranulats sehr stark einschränken).

## PCF Folien-Verpackung

Der Lösungsmitteldruck wird ebenfalls aus Primärdaten berechnet. Dabei werden die Energie zum Farbtrocknen, Absaugen der Lösungsmittelhaltiger Luft und die CO<sub>2</sub>e-Emissionen aus der Verbrennung der Lösungsmittel (80%) eingerechnet. Der energetische Aufwand zum Verbrennen der Lösungsmittel wird vor dem Hintergrund eines konservativen Ansatzes nicht betrachtet. Auf der anderen Seite wird in der Standardberechnung eine Wärmerückgewinnung in der Größenordnung des theoretischen Heizwertes von 80% der Menge des eingesetzten Lösungsmittels berücksichtigt. Die Fälle des Betriebes ohne Wärmerückgewinnung und mit einer optimalen Ausnutzung des Heizwertes der Lösungsmittel werden in der Sensitivity (Kap.6) dargestellt. Aus den Waschvorgängen wird das Farb- und Lösungsmittelgemisch mittels Destillation eingedickt und die entstandene „Slurry“ wird als Sonderabfall entsorgt.

Bei beiden Druckverfahren wird von der gleichen Farbmenge und gleichen Umweltwirkungen von den Pigmenten pro Folienfläche ausgegangen.

Weitere Details zur Datenmodellierung sind in der Datendokumentation beschrieben.



Abb. 3 Aufhellung der FROSTA-Verpackung zwecks Verbesserung der Regranulat-Qualität (rechts: neue Bedruckung)

## 5 Ergebnisse

### Klimabilanz

Die Ergebnisse der einzelnen Emissionsstufen der mit Wasserfarben bedruckten PP-Folie im Vergleich zum PP/PE-Laminat mit Lösungsmittelfarben werden in der Abb. 4 zusammengestellt. In der Summe beträgt der PCF Mono-PP-Folie mit Wasserfarbendruck 2,9 g CO<sub>2</sub>e und PP/PE-Folie mit Lösungsmitteldruck 3,6 g pro Folienbedarf für 100g Produkt (FE).

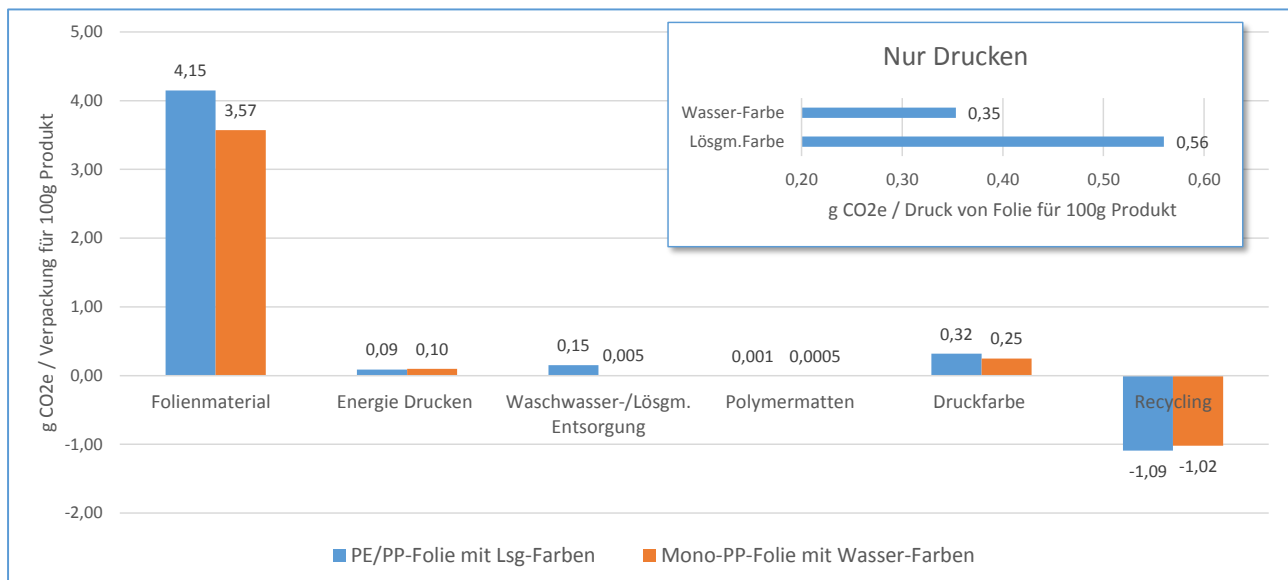


Abb. 4 Darstellung der Gesamt-PCF-Ergebnisse des PP und PP/PE-Folienmaterials

In der herausgestellten Grafik (Teil in der Abb. 4) wird die Summe der Klimaemissionen ausschließlich für den Teil des Druckvorgangs dargestellt.



Beim „Energie Drucken“ wird beim Wasserdruck eine Wärmerückgewinnung aus der Abluft berücksichtigt. Die Rückgewinnung der Abwärme beim Lösungsmitteldruck wird auf der Stufe der thermischen Abluftverbrennung kalkuliert, wie auch die CO<sub>2</sub>e-Emissionen aus der Verbrennung der Lösungsmittel berücksichtigt.

### Ökobilanzielle Betrachtung von weiteren Umweltwirkungen der Druckverfahren

In der folgenden Abbildung werden weitere Umweltwirkungen speziell für beide Druckverfahren (ohne Folienmaterial) dargestellt.

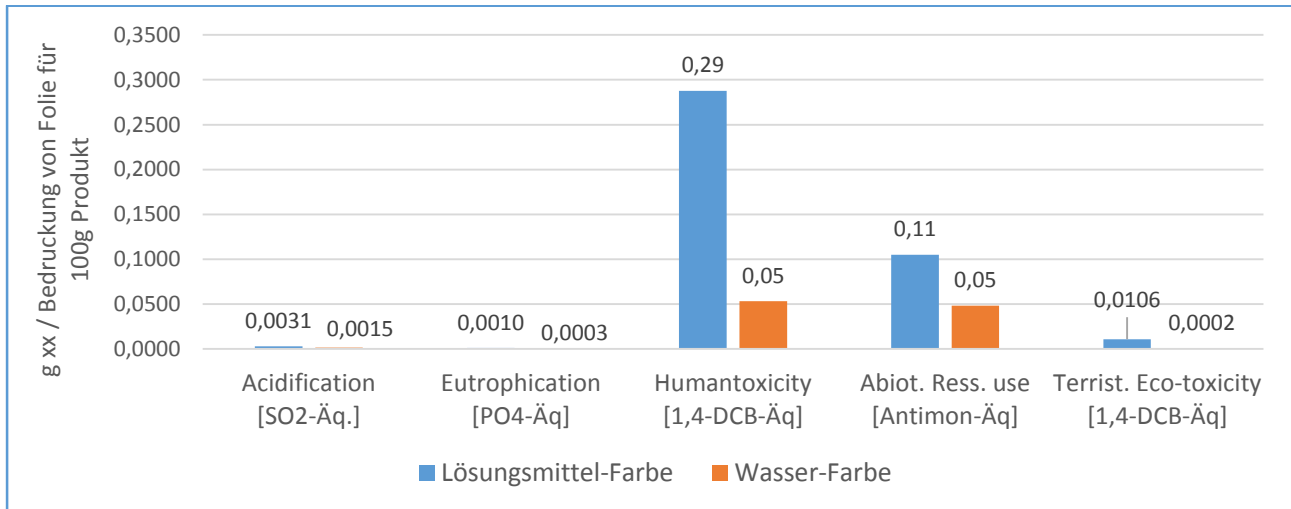


Abb. 5 Ergebnisse der ökobilanziellen Betrachtung der erweiterten Umweltwirkungen

## 6 Sensitivitätsanalyse

Die nachfolgenden Sensitivitätsbetrachtungen beziehen sich auf den CO<sub>2</sub>e-Mittelwert der Herstellung der bedruckten Folien. Der Null-Wert auf der Grafik entspricht dem Wert des Fußabdrucks der Basisannahme in der vorliegenden Berechnung. Diese Basiswerte werden gezielt verändert, um die Auswirkung auf die CO<sub>2</sub>e-Emissionen zu bekommen.

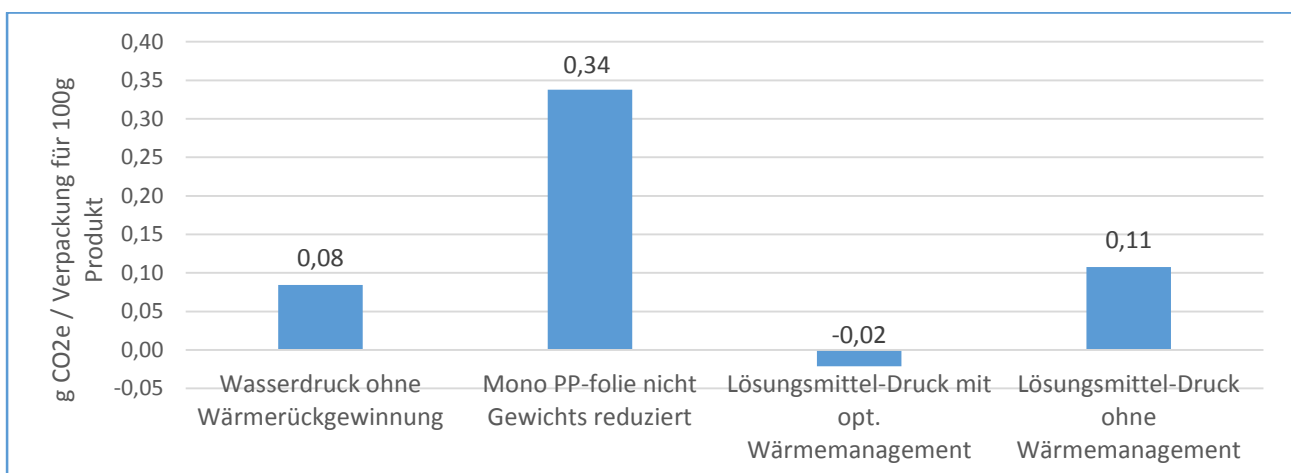


Abb. 6 Darstellung der Auswirkungen von ausgewählten Einflussparametern

Nachfolgend werden die simulierten Veränderungen der Einstellungen der Sensitivitätsanalyse erläutert:

- Beim Wasserdruck wird eine Wärmerückgewinnung im Druckbereich betrieben. Würde man diese Wärme nicht verwenden und stattdessen Erdgas verbrennen, um diesen Wärmeinhalt auszugleichen, so würde sich der PCF der Wasser bedruckten Folie um 2,3% erhöhen.
- Die Mono-PP-Folie wurde von 60µm auf 55µm reduziert. Hätte man die Reduktion nicht durchgeführt, so würden der PCF der neuen Folie um 9,3% höher ausfallen.
- Bei der Nutzung der Lösungsmittelfarbe auf einer PP/PE-Folie kann in größeren Druckereien die thermische Abgasverbrennung weitestgehend optimal organisiert werden, so dass Heizwert der zu 100%<sup>19</sup> des verwendeten Lösungsmittels aus der Verbrennung wieder gewonnen würde. In dem Fall würde der PCF der bisherigen Folie um ca. 0,7% gesenkt werden können.
- Würde der Lösungsmitteldruck ohne Wärmerückgewinnung bei der Abgasreinigung erfolgen und die Energie zum Anzünden notwendig wäre, so würde der PCF der PP/PE-Folie um ca. 3% ansteigen.

Es ist zusätzlich darauf hinzuweisen, dass das Endergebnis auch von den genutzten Datenquellen für generische Daten (z.B. Ecoinvent, Gemis) abhängt, die teilweise Emissionen in unterschiedlicher Höhe für denselben Prozess aufweisen. Die hieraus resultierenden Unterschiede für die kalkulierten PCF wurden im Rahmen der vorliegenden Sensitivitätsanalyse nicht betrachtet.

## 7 Interpretation der Ergebnisse

Aus der Studie wird deutlich, dass der PCF der untersuchten kaschierten Mono-PP-Folie im Wesentlichen durch das Folienmaterial (über 90%) beeinflusst wird. Die Druckfarbe, mit 6,4% des PCF der bedruckten PP-Folie, stellt den zweit wichtigen Faktor, gefolgt vom Energieaufwand beim Bedrucken, dar. Die Dominanz der Folie zeigt die hohe Notwendigkeit der stofflichen Verwendung des Folienmaterials.

In Bezug auf die verwendete Folienkombination zeigt das bedruckte Laminat aus dem Monomaterial (PP) einen deutlichen Vorteil mit ca. 20% gegenüber einem Mischlaminat (PP/PE). Interessant ist die Einschätzung der Bedeutung der Verwendung des sortenreinen PP-Regranulates. Dieser Rohstoff kommt in die Kreislaufwirtschaft als ein Material mit eindeutigen Eigenschaften. Dadurch kann sein Einsatz in einer definierten Menge erfolgen. Zusätzlich wird die Verunreinigung des Regranulates mit bewusst gewählten hellen Bedruckung der Folie reduziert, wodurch die Verwendung des entstandenen PP-Granulates bereiter wird (Abb. 8). Bei dem

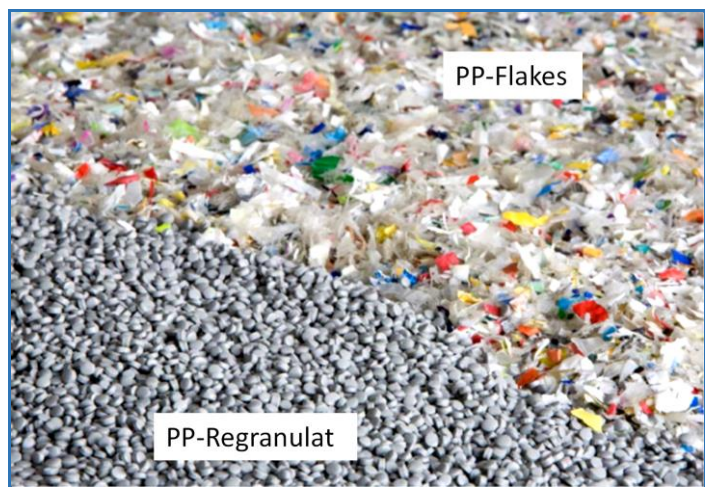


Abb. 7 PP-Folienflakes und das Regranulat daraus (Quelle: Der Grüne Punkt, 2016)

Bei dem PP/PE-Misch-Granulat ist es dagegen nicht genau bekannt, welche Eigenschaften das Recycling-Granulat besitzt. Um eine ausreichende Durchschnitt-Stabilität eines Gebrauchsgegenstandes zu bekommen, muss ein PP-Regranulat zugesetzt werden. Das PP-Regranulat hat daher eine höhere Bedeutung und auch Wertigkeit in der stofflichen Verwertung von Kunststoffen. Wie hoch der Vorteil dieser Vorteil ist, kann na der verfügbaren Datenlage nicht eindeutig beziffert werden.

Das Projekt der Umstellung der FRoSTA-Folien auf Monomaterial wurde in einer engen Kooperation mit DSD durchgeführt. Zum einen konnte in dem Labor Cyclos/HTP die Recyclingfähigkeit der Packstoffe gemessen werden, wodurch eine wichtige Grundlage für die Entwicklungsarbeit der FRoSTA entstanden ist (Design for

<sup>19</sup> In der Basisannahme war bereits eine zu 80% zurück gewonnene Wärme des verbrannten Lösungsmittels auf Basis des theoretischen Heizwertes berücksichtigt.

## PCF Folien-Verpackung

Recycling<sup>20</sup>). Zum anderen erarbeitete DSD ein neues Verfahren, in dem sortenreine PP-Folienverpackungen mit der Fraktion der PP-Hartkunststoffe recycelt werden können<sup>21</sup>.

Allgemein gilt es als erwiesen, dass die stoffliche Verwertung von Kunststoffabfällen der thermischen Verwertung vorzuziehen ist<sup>22</sup>.

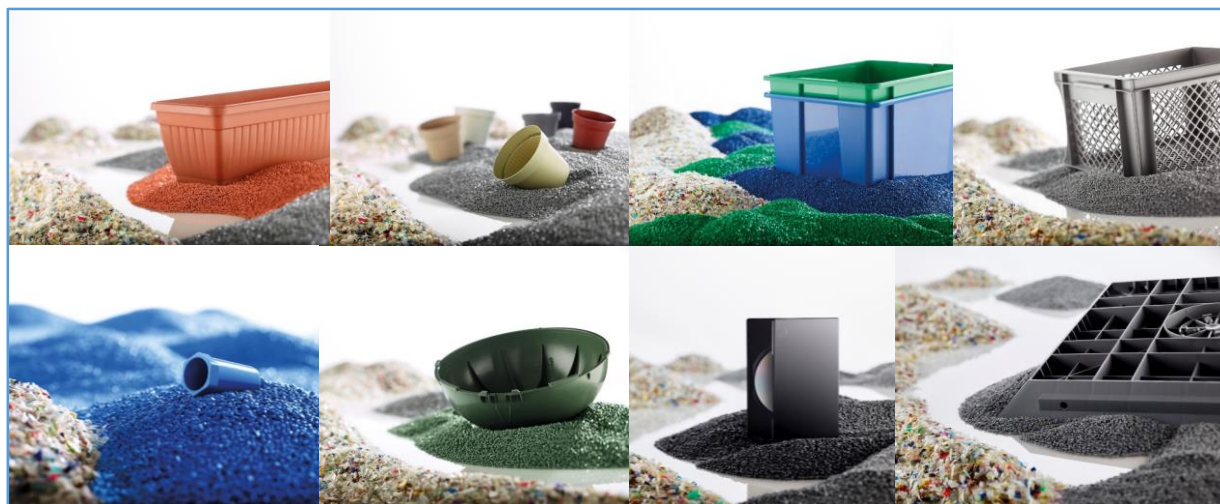


Abb. 8 Beispiele von Formteilen aus PP-Regranulat (Quelle: DSD-Holding GmbH & Co.KG)

Ein wesentliches Ergebnis dieser Berechnung ist der Vergleich der Druckverfahren auf Basis von Wasser- und Lösungsmittelfarben. Trotz der Annahme des 80%-en Energierückgewinnung aus der Verbrennung der Lösungsmitteln bleibt ein über 37% Nachteil der Lösungsmittel- gegenüber der Wasserfarben-Druck. Der Vergleich der beiden Druckverfahren bei den erweiterten Umweltwirkungen (Versauerung, Eutrophierung, Human- und Eco-Toxizität wie auch Abiotische Ressourcenverbrauch) wird ebenfalls ein mindestens 2- bis 4-facher Vorteil des Wasserdrucks aufgezeigt. Die negative Wirkung bei Verwendung von Lösungsmittelfarben wird insbesondere bei der Humantoxizität deutlich. Mit dieser Kennziffer wird der Nachteil der durch Lösungsmittel direkt wahrnehmbaren, ungünstigen Arbeitsbedingungen für die Mitarbeiter in den betreffenden Druckereien, sichtbar. Bei dem Vergleich wurde ein besonderer konservativer Ansatz gewählt, indem die CO<sub>2</sub>e-Emissionen aus der Verbrennung der Lösungsmittel nur zu 80% berücksichtigt wurden, die benötigte Energie zum Verbrennen von Lösungsmittel wurde nicht bilanziert und die Energiegewinne aus dem Verbrennen wurden nach dem theoretischen Heizwert zu 80% als Prozessvorteil gewertet.

Trotz der bereits guten Umweltbilanz der Wasserfarben, injizierte FRoSTA ein Projekt mit einem Wasser-Farbhersteller, um Lagerung stabilisierende technische Hilfsmittel<sup>23</sup> durch eine entsprechende Temperaturführung zu vermeiden. Die bei FRoSTA durchgeführten Tests zeigen die Richtigkeit der Annahme. Eine Umstellung der Rezeptur der Farben befindet sich in Planung.

Die Verbreitung des Wasserfarben-Drucks in Folienbedruckung ist relativ klein. Die Einführung dieser Drucktechnik erfordert relativ große Investitionen, wodurch die meisten Druckereien Argumente gegen den Wasserdruck finden<sup>24</sup>. Der technische Fortschritt in der Drucktechnik in Bezug auf die Bedruckung von nicht

<sup>20</sup> HDV/LZ 39-15, 2015. Wiederverwertung von vornherein im Blick,

<sup>21</sup> Bis dahin wurden alle Folienverpackungen < DIN A4 in einer Mischfraktion verwertet.

<sup>22</sup> Heyde M et al, 2008. Wertstoffliche Verwertung von Verpackungskunststoffen aus der Getrenntsammlung Dualer Systeme. Abfallwirtschaft

<sup>23</sup> Ohne Wirkung aufs Produkt aus der bedruckten Folie

<sup>24</sup> FRoSTA-eigene Befragungen von vielen Foliendruckereien in Deutschland und dem Europäischen Ausland, 2014/2015

saugfähigen Unterlagen (wie Folie) mit Wasserfarben wird auch in weiterführender Literatur beschrieben<sup>25, 26</sup>.

Das im Vorwort erwähnte primäre Ziel der Nachhaltigkeit stellt die Reduktion des Materialeinsatzes dar. Dieses wurde nicht nur bei der untersuchten Folie erreicht (ca. -10%). Vielmehr wurde im Laufe des Projektes auch die Wellpappe der Kartonage<sup>27</sup> als Sekundärverpackung für die Beutel um 30% und die Schrumpffolie<sup>28</sup> (Bündelung von Faltschachteln zu Verkaufseinheiten) um 25% reduziert.

---

<sup>25</sup> DEHNHART B, TERMATEN A., 2016. Revolution bei wasserbasierten Flexo-Druckfarben, Flexo+Tiefdruck, ISBN 09499717

<sup>26</sup> BASF, 2008. Ecology meets Economy. Eco-Efficiency Analysis of water-based ink systems for PE film applications. BASF SE Ludwigshafen.

<sup>27</sup> Einsatz von einer alternativen Wellenart und eine neue Stauplanmethodik

<sup>28</sup> Einsatz von einem Co-Extrudat mit gezielten mechanischen PE-Eigenschaften.