



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG

Kurzgutachten zur Umweltbewertung eines innovativen Mehrweg- systems für Wasch- und Reinigungsmittel mit Fokus auf die Klimabilanz

Auftraggeber: Entwicklungsbüro H. W. Bachmann

Auftragnehmer: Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), Heidelberg

Autoren: Andreas Detzel, Carolin Bender, Tamara Ettinger

Heidelberg, Juni 2020



Inhalt

1 Projektansatz	3
1.1 Veranlassung	3
1.2 Vorgehensweise	3
1.3 Bilanzierungsgrundlagen	4
1.4 Szenarien	6
2 Ergebnisse	7
2.1 Grafische Darstellung	7
2.2 Interpretation	9
3 Fazit	10
4 Anhang	11
4.1 Schematische Fließbilder zu Mehrweg- und Einwegsystem	11
4.2 Konzeptioneller Vergleich Einwegabfüllung und Mehrweg-Automat	12
4.3 Schematische Fließbilder zu Mehrweg- und Einwegsystem	13
4.4 Ergänzende Informationen bzgl. Wasserbedarf der Vergleichssysteme	14

1 Projektansatz

1.1 Veranlassung

Das Entwicklungsbüro Bachmann hat ein patentiertes Konzept für die Befüllung portionierbarer Waren in einer Warenverkaufsstätte entwickelt. Dabei kommt ein Mehrweg-Verkaufsbehälter aus Kunststoff zum Einsatz, der mittels einer Warenportionier-Einrichtung (Verkaufsautomat) befüllt wird. Der Verkaufsbehälter weist einen durch den Käufer nicht manipulierbaren, fest integrierten RFID –Transponder auf, durch welchen Produktion, Logistik, Statistik und Marketing, im Rahmen einer gewünschten Digitalisierung, weltweit vernetzt werden können [Unterlagen Hr. Bachmann].

Das Mehrwegsystem ist als alternative Verpackung für insbesondere dünnflüssige bis pastöse Konsumgüterwaren, wie beispielsweise Duschgele, Shampoos, andere Kosmetika oder auch Reinigungsmittel (KWRuH) gedacht, die heutzutage typischerweise in Einwegverpackungen aus Plastik angeboten und verkauft werden. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist der Bereich Spülmittel und flüssige Haushaltsreiniger jeder Art einschließlich derer die als gefährliche Haushaltsreiniger eingestuft werden [Unterlagen Hr. Bachmann].

Mit dem vorliegenden Kurzgutachten soll abgeschätzt werden, wie sich die Klima- und Umweltbilanz des neuartigen Mehrwegkonzepts im Vergleich zu den bislang markttypischen Einweglösungen darstellt.

1.2 Vorgehensweise

Kurgutachten bedeutet, dass zwar eine ökobilanzielle Bewertung der Vergleichssysteme erfolgt, dabei aber im Wesentlichen auf beim Auftragnehmer vorhandene Daten und Informationen zurückgegriffen wird und lediglich für das Erkenntnisinteresse relevante spezifische Daten ermittelt und eingepflegt werden. Die spezifischen Daten beziehen sich im vorliegenden Fall auf die Mehrweg-Abfüllstation sowie punktuell auf die dafür benötigte Nachfülllogistik (weitere Informationen dazu im Kapitel 1.3.1).

Die Datengrundlagen sind damit weitgehend generisch und haben keinen Bezug zu einem konkreten Handelsprodukt. Um dennoch verlässlich orientierende Aussagen zu erhalten, werden sowohl beim Einwegsystem wie auch beim Mehrwegsystem Bandbreiten relevanter Systemparameter bilanziert und ergebnisseitig dargestellt (weitere Informationen dazu im Kapitel 1.4)

Für die Umweltbetrachtung liegt der Fokus auf der Klimabilanz, ergänzt um weitere Indikatoren:

- Klimawandel
- Versauerung
- Kumulierter Energieaufwand (KEA), nicht erneuerbar (fossile Energieträger + Atomenergie)
- Frischwasserinanspruchnahme

Eine Kurzbeschreibung der Indikatoren findet sich nachstehend.

Klimawandel: Die Wirkungskategorie Klimawandel steht für die direkten und indirekten Umweltwirkungen der anthropogenen Erwärmung der Erdatmosphäre. Als Indikator wird das vom IPCC entwickelte „Global Warming Potential“ (GWP) für den Zeithorizont von 100 Jahren (IPCC 2013), ausgedrückt in kg CO₂-Äquivalente/Funktionelle Einheit, herangezogen.

Versauerung: Die Wirkungskategorie Versauerung beschreibt die Veränderung des Säure-Base-Gleichgewichts aquatischer und terrestrischer Ökosysteme durch Emissionen von Säurebildnern und Säuren. Als Indikator wird das Versauerungspotential in der Einheit SO₂-Äquivalente/Funktionelle Einheit verwendet.

Kumulierter Energieaufwand (KEA), nicht-erneuerbar: In dieser Kategorie werden alle verbrauchten Primärenergieträger zusammengefasst, welche auf nicht-erneuerbaren („endlichen“) Ressourcen beruhen, also fossile Energieträger und nukleare Energie.

Frischwasserinanspruchnahme: In die Auswertung wird der Frischwasserbedarf, nicht jedoch das Regenwasser einbezogen. Frischwasser umfasst Wasser, das über gezielte Entnahmevorgänge dem Oberflächen- oder Grundwasser entnommen wird.

1.3 Bilanzierungsgrundlagen

1.3.1 Betrachtete Produktsysteme

Abbildung 4 im Anhang 4.1 zeigt den schematischen Stoffstrom eines Einwegsystems. In der vorliegenden Studie wurde angenommen, dass die Verpackung des Füllguts in einer Kunststoffflasche zum einmaligen Gebrauch erfolgt. In der ökobilanziellen Betrachtung wurden alle Prozessschritte von der Rohölförderung, über Kunststoffherstellung, Flaschenherstellung, Abfüllung, Verkauf und Entsorgung der Flasche inklusive der wesentlichen Transportvorgänge berücksichtigt. Analoges gilt für benötigte Sekundär- und Transportverpackung der Flasche.

Abbildung 5 im Anhang 4.1 zeigt schematisch das Konzept des neuartigen Mehrwegsystems. Die Schlüsselkomponente besteht in der automatisierten Befüllstation, auf der entsprechend der Wahl des Konsumenten die Mehrwegflasche mit einer Mischung aus Grundsubstanz und Konzentrat befüllt wird. Grundsubstanz und Konzentrat werden in Mehrwegbehältern aus Edelstahl bereitgestellt und nach Entleeren beim Hersteller des Füllguts wieder befüllt. Auch hier wurde alle Prozessschritte zur Materialherstellung, Verarbeitung und Befüllung sowie die Rückführlogistik berücksichtigt.

1.3.2 Zentrale Daten und Annahmen

Mehrwegsystem

- MW-Flasche aus PET
 - Füllvolumen: 385 ml
 - Gewicht: 85 g inkl. Deckel und Etikett/Aufdruck
 - RFID Transponder und Befüllungsöffnung wurde vereinfacht wie PET bilanziert
 - Durchschnittliche Umlaufzahl: 80
 - Für Deckel und Etikett/Aufdruck wurden jeweils dieselben Umlaufzahlen wie für die Flasche angesetzt

[Datengrundlage: Angaben durch Herr Bachmann]

- MW-Kanister aus Edelstahl
 - Kanister für Grundsubstanz: Füllvolumen 50 l bei 12,27 kg Gewicht
 - Kanister für Konzentrat: Füllvolumen 10 l bei 2,2 kg Gewicht
 - Durchschnittliche Umlaufzahl: 87

[Datengrundlage: Angaben durch Herr Bachmann]

- Energieverbrauch Abfüllstation: wurde unterschieden nach Grundlast im Leerlauf und nach Lastbetrieb während des Abfüllvorgangs (die Daten lagen dem Auftragnehmer vor, werden aber aus Vertraulichkeitsgründen hier nicht dokumentiert)

[Datengrundlage: Angaben durch Herr Bachmann]

- Durchschnittliche Abfüllungen je Stunde: 30

[Annahme durch den Auftragnehmer in Abstimmung mit Herrn Bachmann]

Prozessdaten der Abfüllung der MW-Kanister sowie alle anderen Daten basieren auf internen Daten des Auftragnehmers.

Einwegsystem

- EW-Flasche aus PET
 - Füllvolumen: 385 ml
 - Gewicht: 40 g inkl. Deckel und Etikett/Aufdruck
 - Rezyklatgehalt 25%
 - Entsorgung: Grenzbetrachtungen mit 0% und 90% Recycling

Prozessdaten der Abfüllung der EW-Flaschen sowie alle anderen Daten basieren auf internen Daten des Auftragnehmers.

1.4 Szenarien

Die Szenarien wurden so gewählt, dass sie Aufschluss über den Einfluss von erfahrungsgemäß ergebnisrelevanten Systemparametern liefern:

Variable (Mehrwegsystem): Umlaufzahl der MW-Flasche und der MW-Kanister

- Szenario „UZ min“
 - Umlaufzahl MW-Flasche: 60
 - Umlaufzahl MW-Kanister: 27
- Szenario „UZ max“
 - Umlaufzahl MW-Flasche: 100
 - Umlaufzahl MW-Kanister: 150

Variable (Mehrwegsystem): Abfülleffizienz ausgedrückt durch die Anzahl der Abfüllungen je Stunde

- Szenario „Befüllung, Effizienz klein“: 10 Abfüllungen je Stunde
- Szenario „Befüllung, Effizienz hoch“: 40 Abfüllungen je Stunde

Variable: (Einwegsystem): Entsorgung

- Szenario „MVA“: Annahme, dass die EW-Flasche in eine Müllverbrennungsanlage (MVA) gelangt
 - entweder, weil sie beim Konsumenten im Restmüll entsorgt wird
 - oder, weil sie in der LVP-Sortieranlage in den Sortierresten/Mischkunststoffen landet
- Szenario „Recycling“: Annahme, dass die EW-Flasche zu 90% recycelt wird

In der Realität wird es einen Mix aus MVA und Recycling sein, abhängig vom Material, Flaschendesign und der Sortiertiefe auf der LVP-Sortieranlagen. Daher stellt „MVA“ entsorgungstechnisch ein Worst-Case-Szenario und „Recycling“ ein Best-Case-Szenario dar.

2 Ergebnisse

2.1 Grafische Darstellung

Ergebnisse sind in den Abbildungen 1-3 und ergänzend in Abbildung 9 (Anhang 4.4) ersichtlich. Jedes der sechs Szenario weist dabei 3 Ergebnisbalken auf:

- Linker Balken, nach oben: die durch die Verpackung verursachten Umweltlasten
- Mittlerer Balken, nach unten: die durch die Entsorgung erzielten Energie- und Materialgutschriften
- Rechter grauer Balken: Netto-Ergebnisse

Der linke Balken zeigt nach Farben unterschieden die Beiträge der einzelnen Lebenswegabschnitte bzw. Komponenten, von unten nach oben wie folgt:

- **„Stahlband f. MW-Kanister“ (blau):** umfasst alle Prozesse vom Rohstoff bis inkl. der Herstellung der Stahlbänder als Ausgangsmaterial für die Kanisterherstellung
- **„Kunststoffgranulat“ (braun):** umfasst alle Prozesse vom Rohstoff bis inkl. der Herstellung des PET-Granulats
- **„Herstellung von Flaschen/MW-Kanistern“ (grau-blau gestreift):** umfasst die Herstellung der EW- und MW-Flaschen sowie der MW-Kanister aus den jeweiligen Werkstoffen
- **„Distribution“ (schwarz-orange gestreift):** umfasst die Belieferung der Verkaufsstellen mit befüllten EW-Flaschen bzw. mit befüllten MW-Kanistern sowie deren Rückführlogistik
- **„Abfüllung“ (rosa):** umfasst die großtechnische Abfüllung der EW-Flaschen bzw. bei den MW-Systemen die großtechnische Abfüllung der MW-Kanister sowie den Betrieb des Abfüllautomaten
- **„Recycling/Entsorgung“ (gelb)**

Bezugsgröße ist jeweils der Verpackungsaufwand, der benötigt wird, um 1000 l Füllgut an der Verkaufsstelle mitnahmefertig bereitzustellen.

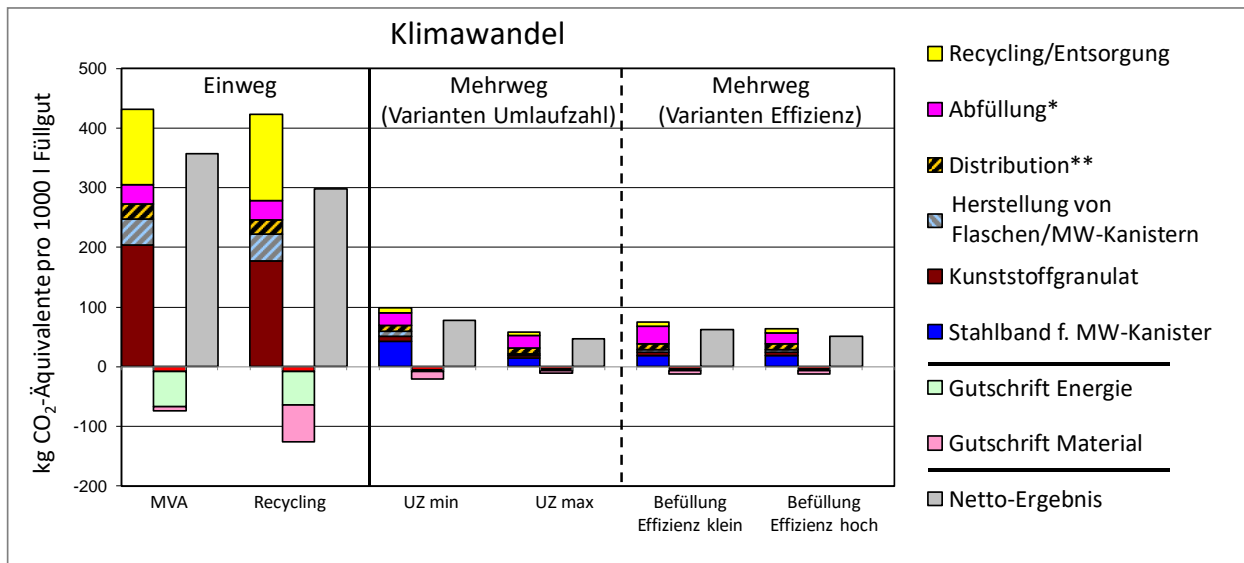


Abbildung 1: Klimafußabdruck im Vergleich der Einweg- und Mehrwegszenarien

*Abfüllung im MW System: zusammengefasste Darstellung von der Abfüllung der Kanister beim Lieferanten und der Abfüllung der MW Flaschen in der Filiale

**Distribution: betrachtet sowohl den LKW-Transport, als auch die Transportverpackungen

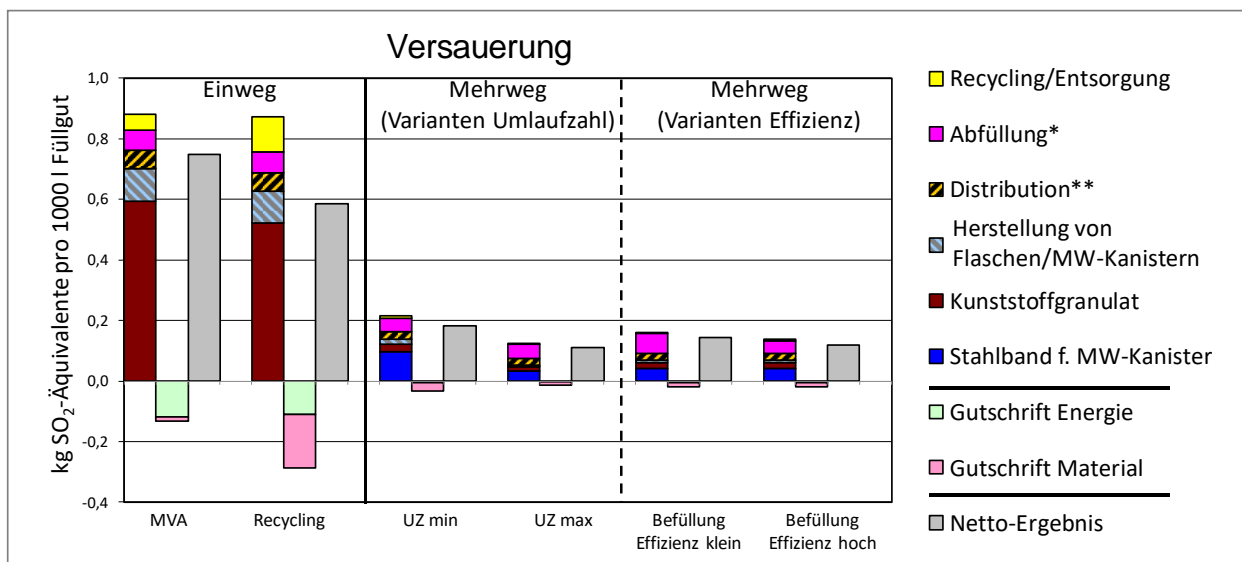


Abbildung 2: Die Umweltwirkung „Versauerungspotenzial“ im Vergleich der Einweg- und Mehrwegszenarien

*Abfüllung im MW System: zusammengefasste Darstellung von der Abfüllung der Kanister beim Lieferanten und der Abfüllung der MW Flaschen in der Filiale

**Distribution: betrachtet sowohl den LKW-Transport, als auch die Transportverpackungen

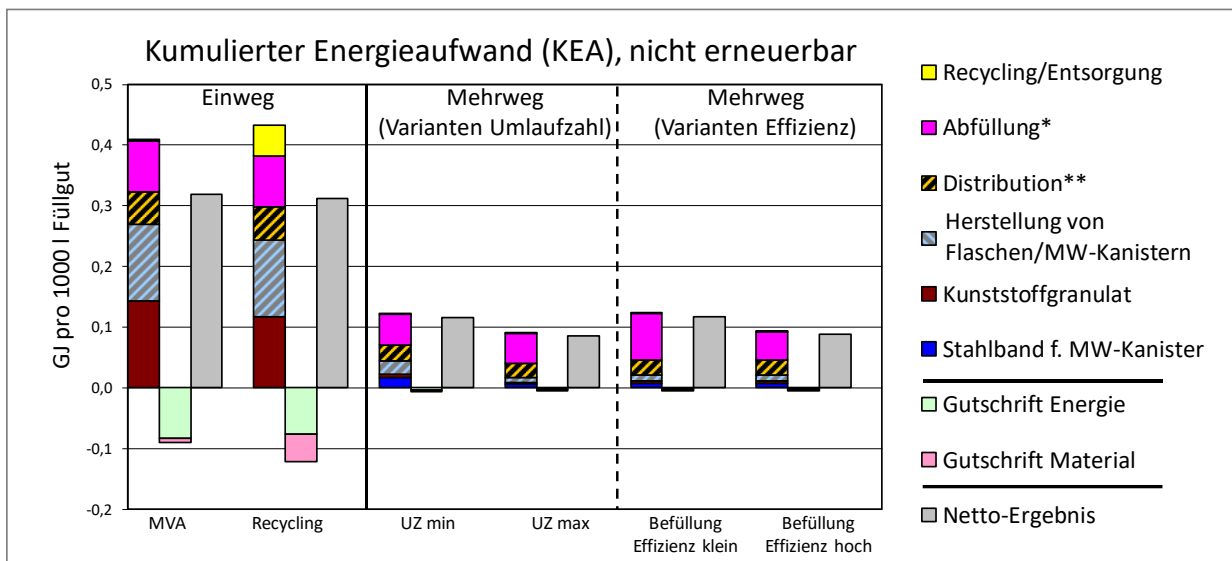


Abbildung 3: Kumulierter Energieverbrauch im Vergleich der Einweg- und Mehrwegszenarien

*Abfüllung im MW System: zusammengefasste Darstellung von der Abfüllung der Kanister beim Lieferanten und der Abfüllung der MW Flaschen in der Filiale

**Distribution: betrachtet sowohl den LKW-Transport, als auch die Transportverpackungen

2.2 Interpretation

Sowohl bezüglich der Klimabilanz als auch der zwei weiteren hier ausgewerteten Indikatoren Versauerung und kumulativer Energieaufwand deuten die Ergebnisse darauf hin, dass sich mit dem Mehrkonzept Bachmann gegenüber einem herkömmlichen Einwegsystem eine deutliche Einsparung von Umweltlasten erzielen lässt. In erster Linie ist dies auf die Mehrfachnutzung der Flaschen und Kanister im Mehrwegsystem zurückzuführen, da dieses im Vergleich zum Einwegsystem einerseits einen geringeren Roh- und Werkstoffbedarf sowie einen geringeren Herstellungsaufwand für die Flaschen bewirkt. Im Mehrwegsystem schlägt der Aufwand für die Herstellung des Edelstahl für die Kanister zwar deutlicher zu Buche als der Kunststoff für die Mehrwegflasche, was sich jedoch auf den Ergebnisvergleich nur begrenzt auswirkt.

Das positive Ergebnis des Mehrwegsystems hat auch bei Einbeziehung der Bandbreiten für die Umlaufzahlen bzw. der Auslastung des Abfüllautomates Bestand. Zwar verdoppelt sich das Nettoergebnis des Mehrwegsystems bzgl. der Klimabilanz je nachdem, ob man von der unteren oder den oberen Werten für die Umlaufzahlen ausgeht. Dennoch bleibt ein großer Abstand zum Einwegsystem erhalten, sogar wenn man beim Einwegsystem den für diese Füllgutwendungen derzeit nicht realistisch erreichbaren Fall eines 90%igen Recyclings der Einwegflasche als Vergleich heranzieht.

Für die Bilanzierung des Betriebs des Abfüllautomaten wurden die von Herrn Bachmann mitgeteilten Energieverbräuche angesetzt. Im Vergleich zu den typischen Werten, die dem Auftragnehmer für den Betrieb von industriellen Einwegabfüllanlagen vorliegen, sind die Verbrauchswerte der Mehrweg-Abfüllung je Füllung deutlich geringer. Die Gegenüberstellung der Nennleistungen einer beispielhaften Einweg-Abfüllung und des Mehrweg-Automaten im Anhang 4.2 liefert Hinweise, dass dies durchaus plausibel sein könnte.

3 Fazit

Der Auftragnehmer erstellt seit über zwei Jahrzehnten regelmäßig Verpackungsökobilanzen für die verschiedensten Auftraggeber. Die dabei gewonnene Erfahrung sowie der mittlerweile vorhandene Datenfundus ermöglicht es, die industrielle Praxis in der ökobilanziellen Modellierung realitätsnah abzubilden. Auf dieser Basis wurde für den in der vorliegenden Studie betrachteten Systemvergleich sowohl für das Einweg- als auch das Mehrwegflaschensystem jeweils ein generisches Systemmodell erstellt. Das Mehrwegsystem wurde jedoch so angepasst, dass es die spezifischen Charakteristika des „Bachmann-Konzepts“ berücksichtigt. Die Daten hierzu wurden von Herrn Bachmann bereitgestellt und weitgehend unverändert für die Systemmodellierung übernommen.

Das Ergebnis zeigt, dass das „Bachmann-Mehrwegkonzept“ deutliche Umweltverbesserungen gegenüber einem herkömmlichen Einwegsystem erwarten lässt, insbesondere wenn die angestrebten hohen Umlaufzahlen für die Mehrwegflasche und die Mehrweg-Kanister erreicht würden. Aber auch bei Umlaufzahlen am unteren Rand der hier betrachteten Bandbreite wären die Umweltvorteile weiterhin beträchtlich.

Die Nutzungseffizienz des Abfüllautomaten (hier gemessen als Füllungen je Stunde) wirkt sich innerhalb der betrachteten Bandbreite (10 bzw. 40 Befüllungen je Stunde) nur geringfügig auf die Ergebnisse der MW-Systems aus. Dies liegt unter anderem daran, dass der rechnerische Energieverbrauch des Abfüllautomaten auf Basis der von Herrn Bachmann kommunizierten Nennleistung für Leer- und Lastbetrieb sehr niedrig ist. Andererseits lässt sich aus den Ergebnissen der Balkendiagramme ableiten, dass selbst bei einer Verdopplung der Werte der festgestellte Umweltvorteil des Mehrwegsystems Bestand hätte.

Einschränkung: Da die vorliegende Studie ist als Kurzgutachten auf Basis generischer Daten konzipiert ist, kann sie nicht zum Vergleich konkreter Produkte oder Verpackungssysteme eines bestimmten Herstellers oder einer spezifischen Transport- und Verkaufslogistik verwendet werden. Dazu wäre eine vertiefte Datenerhebung und -validierung erforderlich. In einer Vertiefungsstudie bzw. einer Produkt spezifischen Studie sollten insbesondere auch die Unterschiede im Energieverbrauch der Einwegabfüllung und der kombinierten Verbräuche von Abfüllautomat und Nachfüllung der MW-Kanister anhand von Messdaten validiert werden.

4 Anhang

4.1 Schematische Fließbilder zu Mehrweg- und Einwegsystem

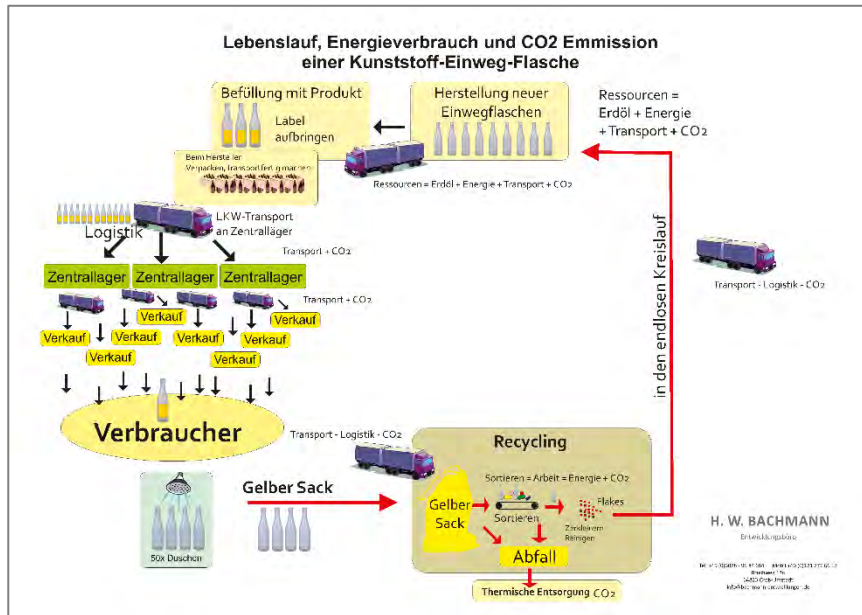


Abbildung 4: Schematische Darstellung eines Einwegsystems für Wasch- und Reinigungsmittel zum Verkauf in Kunststoff-Einwegflaschen (Quelle: Unterlagen Hr. Bachmann)

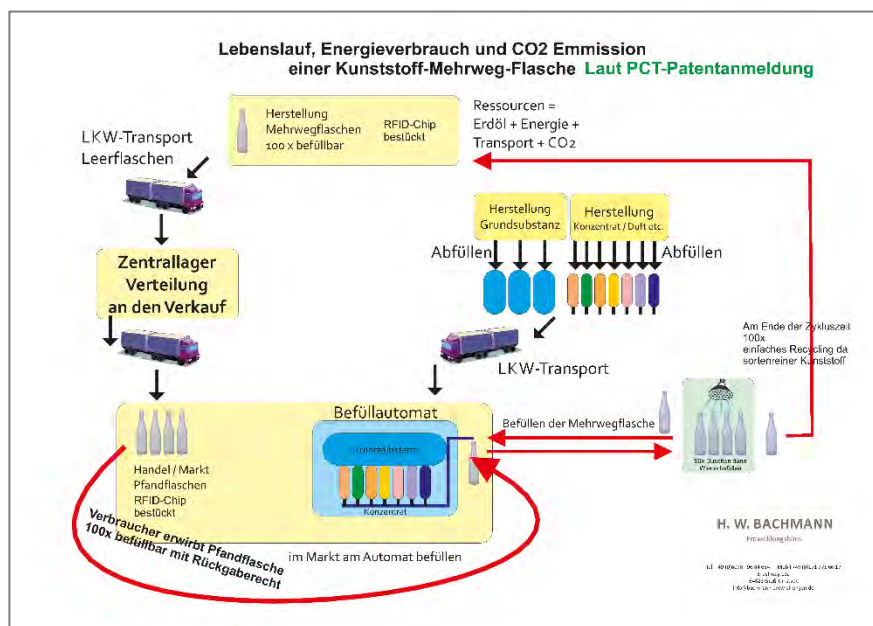


Abbildung 5: Schematische Darstellung der betrachteten MW-Innovation für Wasch- und Reinigungsmittel zum Verkauf in Kunststoff-Mehrwegflaschen (Quelle: Unterlagen Hr. Bachmann)

4.2 Konzeptioneller Vergleich Einwegabfüllung und Mehrweg-Automat

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen eine schematische Gegenüberstellung einer konventionellen Einwegabfüllung und der Mehrwegabfüllung im Abfüllautomaten (Quelle Hr. Bachmann). Die Daten der Einwegabfüllmaschine beruhen auf Angaben zur Nennleistung einer kommerziell verfügbaren (u.a. im Internet angebotenen Abfüllmaschine). Die Abbildungen dienen dazu, den deutlich höheren Strombedarf einer Einwegabfüllanlage im Vergleich zum Abfüllautomaten zu plausibilisieren.

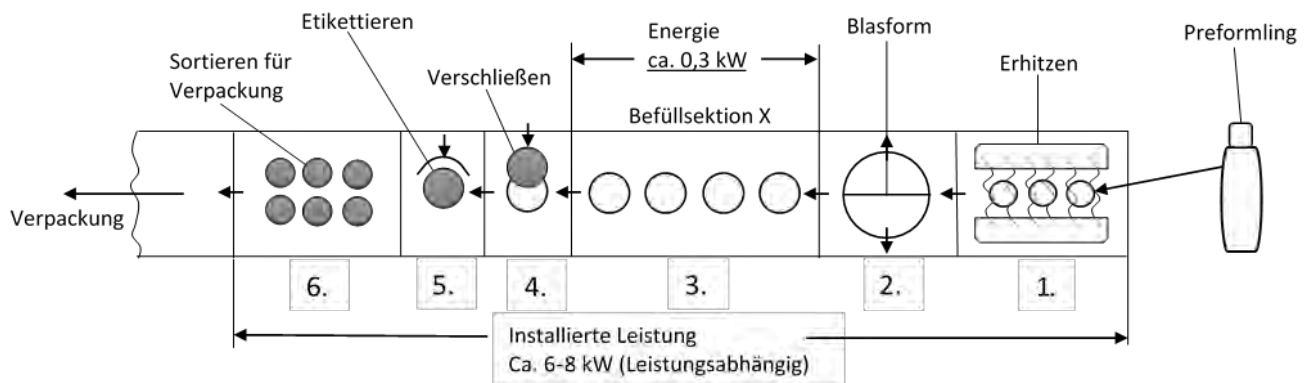


Abbildung 6: Schematische Darstellung Hochleistungs-Abfüllautomat-Einweg (Quelle: Unterlagen Hr. Bachmann)
Anmerkung: die Verfahrensschritte 1 und 2 sind in dem der Studie zugrunde liegenden Bilanzierungsmodell schon unter der „Herstellung von Flaschen und Kanistern“ erfasst (siehe z.B. Abb. 1)

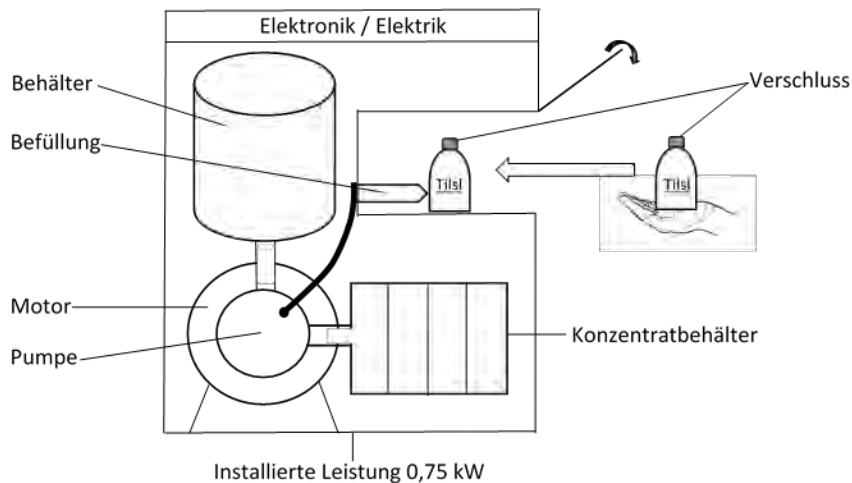


Abbildung 7: Schematische Darstellung Abfüllautomat-Mehrweg (Quelle: Unterlagen Hr. Bachmann)

4.3 Schematische Fließbilder zu Mehrweg- und Einwegsystem



Abbildung 8: Beispiel für eine Einweg- bzw. Mehrwegflasche für das gleiche Produkt
(Quelle: Unterlagen Hr. Bachmann)

4.4 Ergänzende Informationen bzgl. Wasserbedarf der Vergleichssysteme

In Abbildung 7 ist der mit der vorliegenden Systemmodellierung ermittelte rechnerische Wasserbedarf ersichtlich. Er ergibt sich im Mehrwegsystem vor allem aus den Daten zur Reinigung der Mehrweg-Kanister. Dabei wurde angenommen, dass vor jeder Neubefüllung eine Reinigung erfolgt. Die angesetzten Wasserverbrauchswerte sind nach unserer Einschätzung jedoch weniger robust als etwa die Energieverbrauchswerte. Zudem können sie stark vom Betriebsmanagement einer Abfüllanlage (z.B. vom Ausmaß der Kreislaufführung) sowie vom verwendeten Füllgut abhängen.

Aus Umweltsicht ist ein Wasserverbrauch dann mit Umweltwirkungen verbunden, wenn das Wasser in Gebieten mit Wasserknappheit entnommen wird oder bei der Einleitung in Gewässer stark verschmutzt ist. Diese Faktoren hängen jedoch stark vom geographischen Kontext der Wasserentnahme zusammen und dürften in Deutschland bislang noch eine eher geringe Ergebnisrelevanz haben.

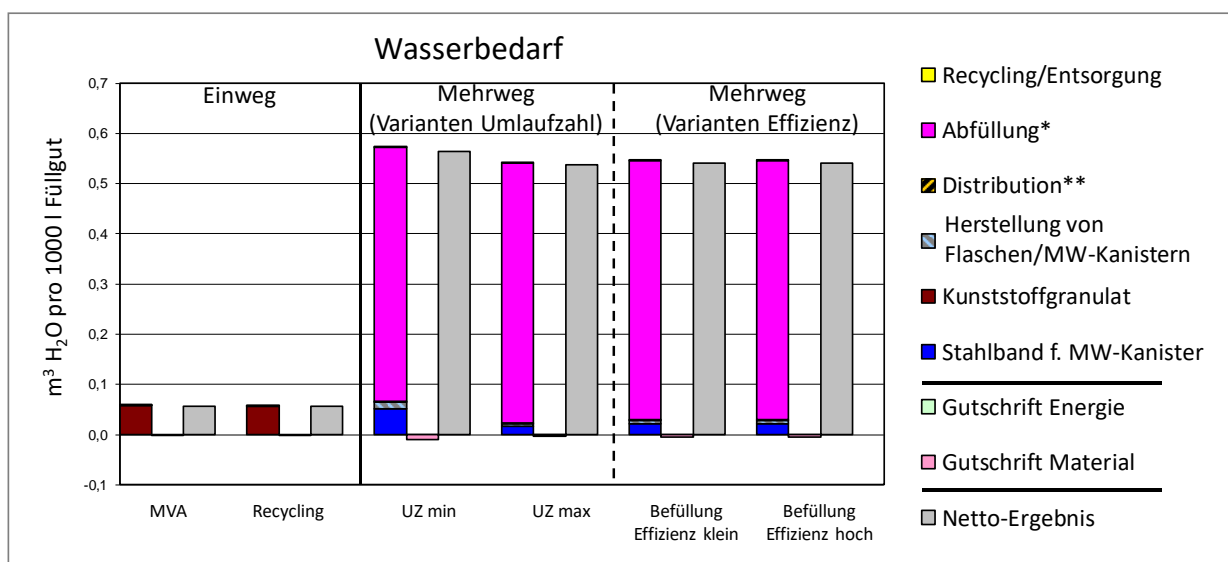


Abbildung 9: Wasserbedarf im Vergleich der Einweg- und Mehrwegsznarien

*Abfüllung im MW System: zusammengefasste Darstellung von der Abfüllung der Kanister beim Lieferanten und der Abfüllung der MW Flaschen in der Filiale

**Distribution: betrachtet sowohl den LKW-Transport, als auch die Transportverpackungen

Aus den genannten Gründen wurde das Ergebnis zum Wasserbedarf nicht in der Umweltbewertung des hier durchgeführten Systemvergleichs berücksichtigt. Im Falle einer vertieften Ökobilanz und bei Betrachtung von konkreten Produkten wäre es jedoch zu empfehlen, diesen Aspekt durch eine entsprechende Datenaufnahme genauer zu prüfen.