

### 3 Behältertechnik als zentrales Element der Mechanisierung bzw. zukünftigen Automatisierung

Die Analyse des Ist-Zustandes der Entsorgung von Industrieunternehmen hat gezeigt, dass die vorhandene Behältertechnik eine angestrebte Mechanisierung bzw. zukünftige Automatisierung nur in sehr wenigen Ausnahmen zulässt. Daher sollen in diesem Kapitel zunächst die bestehenden Systeme genauer charakterisiert werden, um anschließend die technischen Anforderungen an ein neues Behältersystem für die Industrieentsorgung zu formulieren. Dies soll anhand der Transportkette erfolgen, die innerbetrieblich im Bereich der Entsorgung vorliegt.

#### 3.1 Charakteristika bestehender Systeme

##### 3.1.1 Kommunale Entsorgungsbehälter

Die Behälter, die im kommunalen Bereich vorwiegend zum Einsatz kommen, sind Umleerbehälter (vgl. Kap. 2). Diese dort dominierende Gruppe zeichnet sich durch die folgenden Eigenschaften aus:

- die Behälter werden manuell vom Stellplatz des Bürgers zum Straßenrand und von dort an die Schüttung des Müllfahrzeugs geschoben bzw. getragen<sup>9</sup>.
- das manuelle Handhaben hat zu einer ergonomischen Gestaltung geführt, **DIN EN 840**:
  - Griffe sind vorgeschrieben, deren Länge und Freiräume wurden genormt,
  - die Behälterhöhe wurde beschränkt. Beispiel 80 l: Höhe des Behälters 945 mm ( $\pm 30$  mm),
  - Räderdurchmesser in der Regel 200 mm, damit zulässige Zug- und Schubkräfte nicht überschritten werden.
- eine andere Handhabung als die manuelle ist durch die Beschränkung des Einsatzes auf Haushalte nicht vorgesehen.
- die Behälterwände sind konisch nach unten zulaufend gestaltet, um die Umleerung zu erleichtern.

---

<sup>9</sup> Behälter verfügen erst ab 80 l Nennvolumen über Räder; kleinere Behälter müssen getragen werden

Die Charakteristika dieser Gruppe von Behältern lassen sich auf zwei Hauptanforderungen reduzieren:

- Manuelle Handhabung und
- Kompatibilität zu den verschiedenen Müllsammelfahrzeugen.

### 3.1.2 Behälter der Versorgungslogistik

Von den zahlreichen Arten von Behältern der Versorgungslogistik sollen hier nur die Großladungsträger auf Palettenbasis, z. B. Gitterboxpaletten, Boxpaletten oder Rungenpaletten vergleichend betrachtet werden, **DIN EN ISO 445**, weil die Größenordnung des Füllvolumens mit den in der Entsorgungslogistik genutzten Behältern (z. B. 240 l oder 1.100 l) übereinstimmt und diese auch für die betrachteten Fraktionen in Industrieunternehmen zum Einsatz kommen (vgl. Bild 2.15). Andere Behältersysteme, z. B. die Kleinladungsträger (KLT) mit einem relativ geringen Füllvolumen zwischen  $V = 8,8 \text{ l}$  (Abmessungen 300 mm x 200 mm x 147 mm) und  $V = 67,2 \text{ l}$  (Abmessungen 600 mm x 400 mm x 280 mm), werden daher nicht näher betrachtet.

Diese Behälter der Versorgungslogistik zeichnen sich u. a. durch die nachfolgenden Eigenschaften aus:

- Die Maße der Behälter sind auf die Rastermaße der LKW-Aufbauten abgestimmt. Gemäß **DIN 30784** ergibt sich für die Ladeeinheiten in der Transportkette die folgende Vorzugsreihe für die Grundmaße:
  - 600 mm x 400 mm
  - 600 mm x 800 mm
  - 1.200 mm x 800 mm
  - 1.200 mm x 1.000 mm
- Für die Behälterhöhe ist ebenfalls eine Vorzugsreihe vorhanden: von 200 mm bis 1.600 mm in Schritten von jeweils 200 mm, **DIN 30784**,
- Der Bodenbereich ist entweder als Kufe oder mit Stapelfüßen gestaltet,
- Die Handhabung mit einem Gabelstapler oder einem Gabelhubwagen ist durch Einfahröffnungen im Bodenbereich gewährleistet,
- Bei Ausführung des Behälters mit Kufen ist eine Kompatibilität zu Stetigförderern für Stückgüter vorhanden, z. B. Rollenbahnen oder Kettenförderer,

- Die Behälterwände stehen senkrecht zum Boden, um eine optimale Volumenausnutzung des Behälters auf dem LKW und der Packstücke innerhalb des Behälters zu erzielen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich die Gruppe der Versorgungsbehälter im wesentlichen durch eine maximale Kompatibilität zu den eingesetzten Transport- und Fördermitteln innerhalb der Transportkette auszeichnet.

### 3.2 Behältertechnik als Teil der Transportkette Industrieentsorgung

Zur Betrachtung der Transportkette Entsorgung eines Industrieunternehmens wird diese beginnend an der Quelle, also der Abfallanfallstelle, bis hin zur Senke, der Übergabestelle an einen externen Entsorger (Bild 3.1) betrachtet und allgemein dargestellt. In der Praxis werden außer Quelle und Senke maximal zwei Knoten innerhalb der Transportkette vorhanden sein, da ein Sammelverfahren, welches über die Zweistufigkeit hinausgeht, aus wirtschaftlichen Gründen nicht sinnvoll ist (vgl. Kapitel 2.2.2.1).

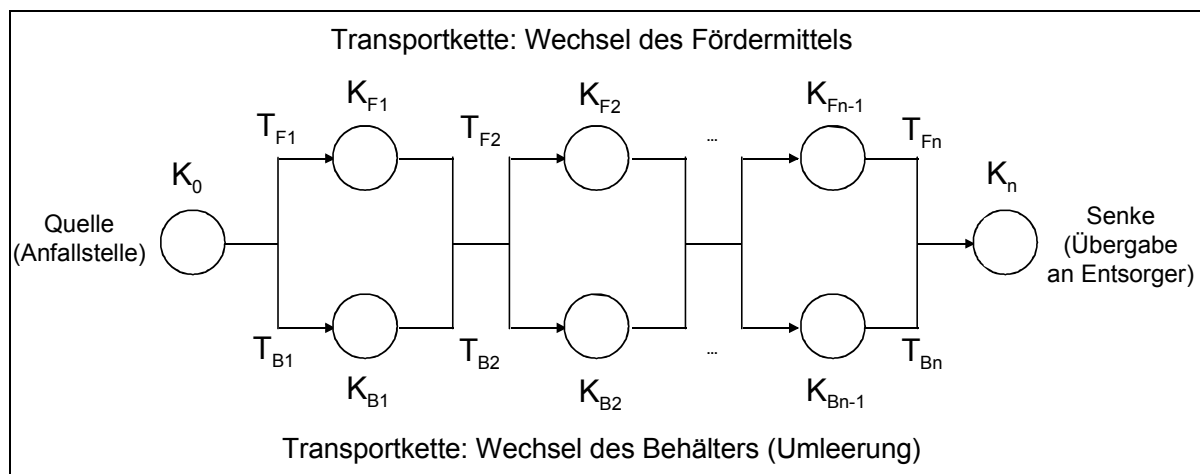


Bild 3.1: Transportkette der Industrieentsorgung

- $K_B$  - Knoten bei Wechsel des Behälters
- $K_F$  - Knoten bei Wechsel des Fördermittels
- $T_B$  - Transporte bei Wechsel des Behälters
- $T_F$  - Transporte bei Wechsel des Fördermittels

Bei den einzelnen Vorgängen innerhalb dieser Transportkette wird in Transporte (T) und Knotenpunkte (K) unterschieden. Eine Transportkette besteht somit aus einer Anzahl  $n(K)$  von Knotenpunkten (inkl. Quelle und Senke), die durch eine Anzahl  $n(T)$  innerbetrieblicher Transporte verbunden sind.

An einem Knotenpunkt der Transportkette Entsorgung, im einfachsten Fall ein Stellplatz zur Bereitstellung der Behälter, werden Behälter zu- und abgeführt. Über einen längeren Zeitraum ist die zugeführte identisch mit der abgeführten Behälteranzahl. Somit dient ein Knotenpunkt der Entsorgung für einen begrenzten Zeitraum als Puffer<sup>10</sup>.

Des Weiteren erfolgt analog der Möglichkeiten des Umschlags an den Knotenpunkten (vgl. Kap. 2.3.2.3), eine Unterteilung in einen Umschlag durch Wechsel des Fördermittels (unter Beibehaltung des Behälters), vgl. Bild 3.1 oben, und einen Wechsel des Behälters (also einer Umleerung der Abfälle), vgl. Bild 3.1 unten.

Eine reale Transportkette setzt sich bei einer Quelle-Senke-Betrachtung aus der Summe der einzelnen Transporte sowohl für den Wechsel des Fördermittels als auch des Behälters zusammen. Im Extremfall ergeben sich die beiden Minima:

- $n(T_F) = 1, n(K_F) = 1, n(T_B) = 0, n(K_B) = 0$   
Durchgängiger Transport des Behälters von der Quelle zur Senke und dortige Umleerung.
- $n(T_F) = 0, n(K_F) = 0, n(T_B) = 1, n(K_B) = 1$   
Durchgängiger Transport des Behälters von der Quelle zur Senke und dortiges Abstellen. Der Transport wird ohne anschließende Umleerung durchgeführt, die Umleerung erfolgt z. B. durch die Schüttung am Fahrzeug des Entsorgers.

Die Transportkette der innerbetrieblichen Entsorgung setzt sich räumlich betrachtet aus den folgenden drei Bereichen zusammen:

- Abfallanfallstelle (Quelle)
- Innerbetrieblicher Transport und Umschlag

---

<sup>10</sup> **Arnold 1998** definiert Puffer als operative Lager, welche keine konstanten oder „gesteuerten“ Bestandsverläufe, sondern stochastisch verteilte Bestände aufweisen.

- Übergabe an den Entsorger (Senke)

Diese Bereiche, also die Knotenpunkte inkl. Quelle und Senke sowie Transportstrecken lassen sich prinzipiell unterscheiden nach:

- eingesetzten Fördermittel und
- Art des Umschlags in den Knotenpunkten

Im einzelnen ergeben sich die in Bild 3.2 dargestellten Variationsmöglichkeiten.

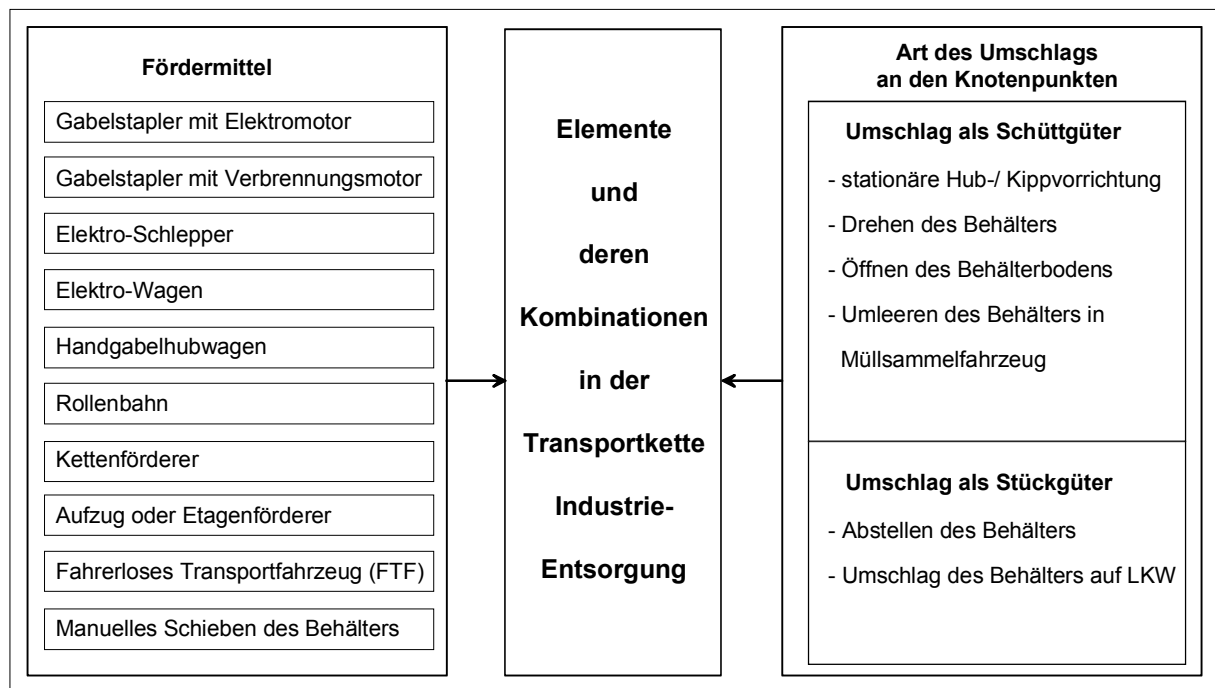


Bild 3.2: Elemente der Transportkette Industrieentsorgung

Ein Behältersystem muss auf die Anforderungen dieser Bereiche abgestimmt sein. Wie in Kap. 3.1 gezeigt, sind die bestehenden Systeme nur auf Teilbereiche dieser Transportkette abgestimmt und daher kann die Industrieentsorgung mit den bestehenden Systemen nicht optimal durchgeführt werden. Wichtige Fördermittel, wie z. B. der Gabelstapler oder die Rollenbahn, sind zu den kommunalen Behältern nicht kompatibel und somit stehen mit den vorhandenen Systemen nur sehr eingeschränkte Möglichkeiten zur Verfügung die Transportkette zu gestalten.

In Bild 3.3 werden den oben unterschiedenen drei Bereichen der Transportkette die charakteristischen Anforderungskriterien zugeordnet und der Eignung bestehender Behältersysteme gegenübergestellt.

Es wird deutlich, dass eine Kombination der Leistungsmerkmale aus kommunalem Behälter und Behälter der Versorgungslogistik zukünftig erstmals die gewünschte durchgängige Mechanisierung bzw. Automatisierung der Transportkette Entsorgung darstellen würde.

<b>Bereich der Transportkette</b>	<b>Charakteristische Anforderungskriterien</b>	<b>Geeignete Behältersysteme</b>
1. Abfallanfallstelle (Quelle)	Ergonomie und Mobilität	Kommunale Entsorgungsbehälter
2. Innerbetrieblicher Transport und Umschlag	Kompatibilität zu Förder- und Umschlagmitteln	Behälter der Versorgungslogistik
3. Übergabe an den Entsorger (Senke)	Kompatibilität zu Müllsammelfahrzeugen	Kommunale Entsorgungsbehälter

Bild 3.3: Charakteristische Anforderungskriterien in der Transportkette Entsorgung

Die kommunalen Behälter sind überwiegend an den Schnittstellen der Transportkette Entsorgung geeignete Behältersysteme: der Einsatz dieser Behälter führt am Arbeitsplatz zu ausreichender Ergonomie und die vorhandenen Räder sorgen für eine gewünschte Mobilität bzw. Flexibilität. An der Senke, der Schnittstelle zum Entsorger, sind diese Behälter wiederum durch die vorhandene Kompatibilität zu den eingesetzten Müllsammelfahrzeugen geeignet. Für den Bereich der Transportkette, der Quelle und Senke verbindet, also der innerbetriebliche Transport- und Umschlagbereich, sind diese Behälter aus logistischer Sicht äußerst ungeeignet, weil oftmals nur eine manuelle und damit unwirtschaftliche Handhabung der Behälter möglich ist.

Gerade diese Möglichkeiten bieten die Behälter der Versorgungslogistik, für die sich z. B. mit der Europalette ein durchgängiger Standard etabliert hat. Solche Behältnisse sind aber, weil bisher nicht gefordert, nicht kompatibel zu der Fahrzeugtechnik, die am Ende der Transportkette der Entsorgung zum Einsatz kommt.

Daher ist zu erkennen, dass beide bestehenden Hauptgruppen von Behältern in Teilbereichen der Transportkette geeignet sind. Es fehlt allerdings ein Behältersystem, welches eine optimale Entsorgungslogistik über die gesamte Kette ermöglicht.

Aus diesem Grund sollen im folgenden Kapitel die Anforderungen an ein solches Behältnis systematisch aufgelistet werden.

### **3.3 Anforderungen an ein neuartiges Behältersystem innerhalb der Transportkette Industrieentsorgung**

Die aufgelisteten Förder- und Umschlagmittel, die in der Transportkette Industrieentsorgung zum Einsatz kommen können, stellen oftmals unterschiedliche Anforderungen an ein Behältnis. Daher sollen nachfolgend die Anforderungen für die Transportkette Industrieentsorgung systematisch erarbeitet werden, um daraus die konstruktiven Forderungen für ein neuartiges Behältersystem ableiten zu können.

Bei **Lützebauer 1994** und **Wildemann 1995** wurden Anforderungskriterien für Behälter zusammengefasst. Allerdings waren diese Betrachtungen allgemeiner Art bzw. nicht speziell auf einen Behälter für die Entsorgung von Industrieunternehmen zugeschnitten. Gerade die Forderung, dass ein Behältnis entlang der gesamten Transportkette der Industrieentsorgung, also von der Abfallanfallstelle bis hin zur Übergabe an einen externen Dienstleister (vgl. Bild 3.3), optimal geeignet sein soll, wurde bislang nicht ausreichend berücksichtigt. Aus diesem Grund wird im folgenden ein Anforderungsprofil für einen solchen Behälter erstellt, mit dem Ziel die Schwachstellen der vorhandenen Systeme zu vermeiden (Bild 3.4 und Bild 3.5).

Die einzelnen Anforderungskriterien werden dabei nach Merkmalen zusammengefasst. So existieren beispielsweise die Merkmale Befüllung, innerbetrieblicher Transport, Umschlag, etc., denen die einzelnen Anforderungskriterien zugeordnet werden. Die Merkmale und somit auch die Anforderungskriterien werden wiederum in drei Gruppen zusammengefasst: funktionelle, gestalterische und wirtschaftliche Merkmale.

Gruppe	Merkmal	Anforderungskriterium
Funktion	Befüllung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Berücksichtigung der Dichte der verschiedenen Abfallfraktionen</li> <li>– Einfache Befüllung</li> <li>– Geringes Behältereigengewicht</li> <li>– Auswechselbare Kennzeichnung</li> <li>– Überprüfungsmöglichkeit von Füllstand und Inhalt</li> </ul>
	Innerbetrieblicher Transport	Kompatibilität zu: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Gabelstapler</li> <li>– Elektro-Schlepper</li> <li>– Handgabelhubwagen</li> <li>– Elektro-Wagen</li> <li>– Rollenbahn</li> <li>– Kettenförderer</li> <li>– Aufzug oder Etagenförderer</li> </ul>
	Umschlag	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gute Entleerbarkeit</li> <li>– Umleerbarkeit mit Drehstapler</li> <li>– Umleerbarkeit mit Müllsammelfahrzeug</li> <li>– Einfache Handhabung</li> </ul>
	Außerbetrieblicher Transport	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Stapelbarkeit</li> <li>– Verwendbarkeit auf Pritschen-LKW</li> <li>– Verschließbarkeit / Abschließbarkeit</li> <li>– Zusammenklappbarkeit / Zerlegbarkeit</li> </ul>
	Mechanisierung bzw. Automatisierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hoher Grad der Mechanisierung bzw. Automatisierung ist anzustreben</li> </ul>
	Lagerung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Rollbarkeit im Arbeitsplatzbereich</li> <li>– Stellflächengröße im Arbeitsplatzbereich</li> <li>– Schutz vor Umgebungseinflüssen</li> <li>– Hohe Standsicherheit</li> <li>– Stapelbarkeit</li> <li>– Zusammenklappbarkeit / Zerlegbarkeit</li> </ul>

Bild 3.4: Funktionelle Anforderungen an Behälter für die Entsorgung von Industrieunternehmen



**Befüllung:** Die Befüllung der Behälter mit den Abfällen zur Verwertung oder Beseitigung findet an den Abfallanfallstellen statt und wird in der Regel durch die Produktionsmitarbeiter durchgeführt. Daher sollte diese Befüllung ergonomisch gerecht durchgeführt werden können. Bei der Befüllung sollten zudem die spezifischen Gewichte und andere Eigenschaften der Abfallfraktionen, wie z. B. Sperrigkeit oder Flüssigkeitsgehalt, berücksichtigt werden. Auswechselbare Kennzeichnungen dienen dazu, die Behälter für einzelne Fraktionen deutlich aber flexibel zu unterscheiden. Eine Überprüfungsmöglichkeit von Füllstand und Inhalt vermindert Fehlwürfe und gibt dem Transportpersonal Informationen über den Zeitpunkt der Abholung. Ein geringes Behältereigengewicht ist bei einem manuellen Versetzen der Behälter im Arbeitsplatzbereich wünschenswert.

**Innerbetrieblicher Transport:** Die Handhabung des Behälters mit innerbetrieblichen Fördermitteln setzt eine Kompatibilität zwischen Behälter und Fördermittel voraus.

**Umschlag:** Neben einer einfachen Handhabung sollte der Umschlag so erfolgen können, dass keine Abfälle als Rest im Behälter verbleiben. Eine Kompatibilität zu den verwendeten Umschlagmitteln ist Pflicht.

**Außerbetrieblicher Transport:** Falls ein Wechseln des Behälters durchgeführt wird, sollte das Behältnis, d. h. insbesondere dessen Maße, optimal auf das Transportmittel abgestimmt sein. Für eine optimale Ausnutzung des Laderaums kann neben einer Stapelbarkeit der Behälter auch eine Zusammenklappbarkeit oder Zerlegbarkeit sinnvoll sein. Dies gilt insbesondere für das einmalige Ausliefern der Behälter vom Hersteller zum Industrieunternehmen.

**Mechanisierung bzw. Automatisierung:** Die geforderte Kompatibilität zu den Transport- und Fördermitteln soll dadurch erweitert werden, dass gerade die Umschlagprozesse möglichst mechanisiert oder sogar automatisiert erfolgen.

**Lagerung:** Unter Lagerorten bzw. Puffern werden jene Orte verstanden, an denen ein Abstellen der Behälter erfolgt: Abfallanfallstellen (Quellen), Knotenpunkte und Übergabestellen an den Entsorger (Senken).

Das Abstellen der Behälter im Arbeitsplatzbereich bedingt zum einen ein einfaches, schnelles Versetzen, zum anderen muss bei der Festlegung der Behältergrundfläche den oftmals beengten Platzverhältnissen Rechnung getragen werden. Das Abstellen der Behälter im Außenbereich erfordert den Schutz vor Umgebungseinflüssen. Allgemein macht die Lagerung der Behälter eine hohe Standsicherheit notwendig und kann Funktionen wie Stapelbarkeit, Zusammenklappbarkeit oder Zerlegbarkeit erfordern, um eine Lagerung mit minimalem Stellflächenbedarf zu erzielen.

<b>Gruppe</b>	<b>Merkmal</b>	<b>Anforderungskriterium</b>
Gestaltung	Aufbau	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Modularer Aufbau von Behälter und Anbauteilen</li> <li>– Auslieferung des Behälters an den Kunden erfolgt auf minimalem Laderaum</li> </ul>
	Abmessungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Grundmaße in Anlehnung an bestehende Rastermaße der Versorgungslogistik, d. h. Europalette</li> <li>– transportmittelgerecht</li> <li>– umschlaggerecht</li> <li>– Ergonomische Gestaltung</li> <li>– Volumen gemäß Stellflächengröße und Ergonomie</li> </ul>
	Werkstoff	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hohe Stabilität</li> <li>– Hohe Tragfähigkeit</li> <li>– Hohe Lebensdauer</li> <li>– Geringes spezifisches Gewicht</li> <li>– Schwer entflammbar</li> </ul>
Wirtschaftlichkeit	Konstruktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kostengünstig</li> <li>– einfach</li> <li>– robust</li> </ul>
	Betrieb	<ul style="list-style-type: none"> <li>– reparaturfreundlich</li> <li>– pflegeleicht</li> </ul>

Bild 3.5: Gestalterische und wirtschaftliche Anforderungen an Behälter für die Entsorgung von Industrieunternehmen

**Aufbau:** Der Aufbau von Behälter und Anbauteilen sollte modular ausgeführt sein, um den unterschiedlichen Wünschen der Anwender durch alternative Ausstattungen gerecht zu werden. Als Beispiel sei hier der Deckel genannt, der bei manchen Anwendern und Einsatzgebieten nicht erforderlich ist.

Des Weiteren sollte der Aufbau so gestaltet sein, dass bei einer Auslieferung möglichst viele Behälter durch eine konische Form ineinander gestapelt werden können, und somit die erforderlichen Ladekapazitäten beim Transport minimiert werden. Gerade beim Export der Behälter erhält diese Anforderung aus Kostengesichtspunkten eine wesentliche Bedeutung.

**Abmessungen:** Die Grundmaße (L x B x H) sind in Anlehnung an bestehende Rastermaße von Förder- und Transportmitteln der Versorgungslogistik zu wählen. Das Rastermaß 1.200 mm x 800 mm der Europalette ist daher zu berücksichtigen.

**Werkstoff:** Der Werkstoff ist unter Berücksichtigung der besonders rauen Randbedingungen der Entsorgung so zu wählen, dass eine hohe Stabilität, Tragfähigkeit und Lebensdauer erreicht werden. Des Weiteren muss der Werkstoff schwer entflammbar sein und sollte über ein geringes spezifisches Eigengewicht verfügen.

**Konstruktion:** Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist die Konstruktion kostengünstig, einfach und aufgrund des vorherrschenden rauen Betriebes robust auszuführen.

**Betrieb:** Die Konstruktion ist reparaturfreundlich zu gestalten, so dass ein Austauschen defekter Teile problemlos erfolgen kann.

### 3.4 Konstruktive Umsetzung der Anforderungen in ein neuartiges Behältersystem

Das methodische Konstruieren beginnt mit der Planung in Form der Erarbeitung der Anforderungskriterien. Diese Planung stellt somit die erste Phase innerhalb der vier Hauptphasen des Grobablaufs dar, **Pahl / Beitz 1997**:

- Planen
- Konzipieren
- Entwerfen
- Ausarbeiten

Die Klärung und Festlegung der Anforderungsliste in Form eines Lastenheftes ist bei der Planung Voraussetzung für die nachfolgenden Arbeiten, insbesondere ist eine Freigabe der Anforderungsliste für die Konzeptionsphase erforderlich.

Die Anforderungsliste und die nachfolgenden weiteren Phasen des methodischen Konstruierens wurden im Rahmen eines Industrieprojektes erarbeitet, **Sulo 1999**. Hierzu wurden die in Bild 3.4 und Bild 3.5 aufgeführten Anforderungen detailliert und quantifiziert. In der anschließenden Konzeptionsphase wurde zunächst die Konstruktion in drei Baugruppen unterteilt und für jede der einzelnen Baugruppen

- Deckel
- Korpus
- Bodengruppe

wurden eine Reihe von Lösungsprinzipien erarbeitet. So wurden beispielsweise für die Bodengruppe zehn verschiedene Varianten entwickelt und für den Deckel insgesamt acht unterschiedliche Prinzipien konzipiert. Diese Varianten sind im Anhang in den Bildern A.1 bis A.4 bzw. Bild A.5 dargestellt und wurden im nächsten Schritt mit Hilfe eines morphologischen Kastens systematisch kombiniert, um eine optimierte konstruktive Gesamtlösung zu erhalten. In Anlehnung an **VDI 2225** wurden die einzelnen Varianten anschließend nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten in Form einer Nutzwertanalyse bewertet. Bild 3.6 zeigt hierzu als Beispiel einen Ausschnitt der Bewertung der Varianten der Bodengruppe. Gerade die Be-

wertungskriterien „Robuste Konstruktion“ und „Einfache Bedienung“ wurden dabei als besonders bedeutsam gewichtet und haben die Auswahl der Variante am stärksten beeinflusst.

Industrieentsorgungs- Behälter		Var 1		Var 2		Var 3		Var 4		Var 5	
Bewertungskriterien	Gew.	Bew.	gew. Wert	Bew.	gew. Wert	Bew.	gew. Wert	Bew.	gew. Wert	Bew.	gew. Wert
<b>Bodengruppe</b>	<b>100%</b>		<b>1,85</b>		<b>1,65</b>		<b>1,90</b>		<b>1,40</b>		<b>2,25</b>
Manuell handhabbar	10%	3	0,3	3	0,3	3	0,3	3	0,3	3	0,3
Handhabbar mit Gabelstapler	10%	3	0,3	1	0,1	3	0,3	1	0,1	3	0,3
Kompatibel zu Rollenbahn / LKW	10%	2	0,2	2	0,2	2	0,2	2	0,2	3	0,3
Räder verbleiben am Behälter	5%	0	0	0	0	1	0,05	3	0,15	3	0,15
Raddurchmesser eingeschränkt	5%	3	0,15	3	0,15	2	0,1	3	0,15	2	0,1
Einfaches Sichern gegen Wegrollen	5%	2	0,1	2	0,1	2	0,1	1	0,05	2	0,1
Sichere Stapelbarkeit	10%	1	0,1	1	0,1	1	0,1	0	0	2	0,2
Einfache Bedienung	15%	0	0	0	0	1	0,15	1	0,15	2	0,3
Robuste Konstruktion	20%	2	0,4	2	0,4	2	0,4	1	0,2	2	0,4
Kostengünstig	10%	3	0,3	3	0,3	2	0,2	1	0,1	1	0,1

Gewichtung nach VDI 2225

0 unbefriedigend

2 ausreichend

1 gerade noch tragbar

3 gut

Bild 3.6: Bewertungsschema der Konstruktion am Beispiel von 5 der 10 Varianten der Bodengruppe, **Sulo 1999**

Zum Abschluss der Konzeptphase wurde die ausgewählte Variante der Gesamtlösung (Bild 3.7) in der Entwurfsphase weiter konkretisiert, zunächst als grober Entwurf und anschließend als Detailkonstruktion.

In der Ausarbeitungsphase wurden zudem sämtliche Fertigungszeichnungen und Stücklisten erzeugt. Die entstandene Lösung, insbesondere die angesprochenen drei Module der Konstruktion, sollen im folgenden erläutert und dabei soll auch beschrieben werden, welche wesentlichen Kriterien zur Auswahl der dargestellten Variante geführt haben.

### 3.4.1 Konstruktives Lösungsprinzip

Einen Überblick der Konstruktion gibt Bild 3.7.

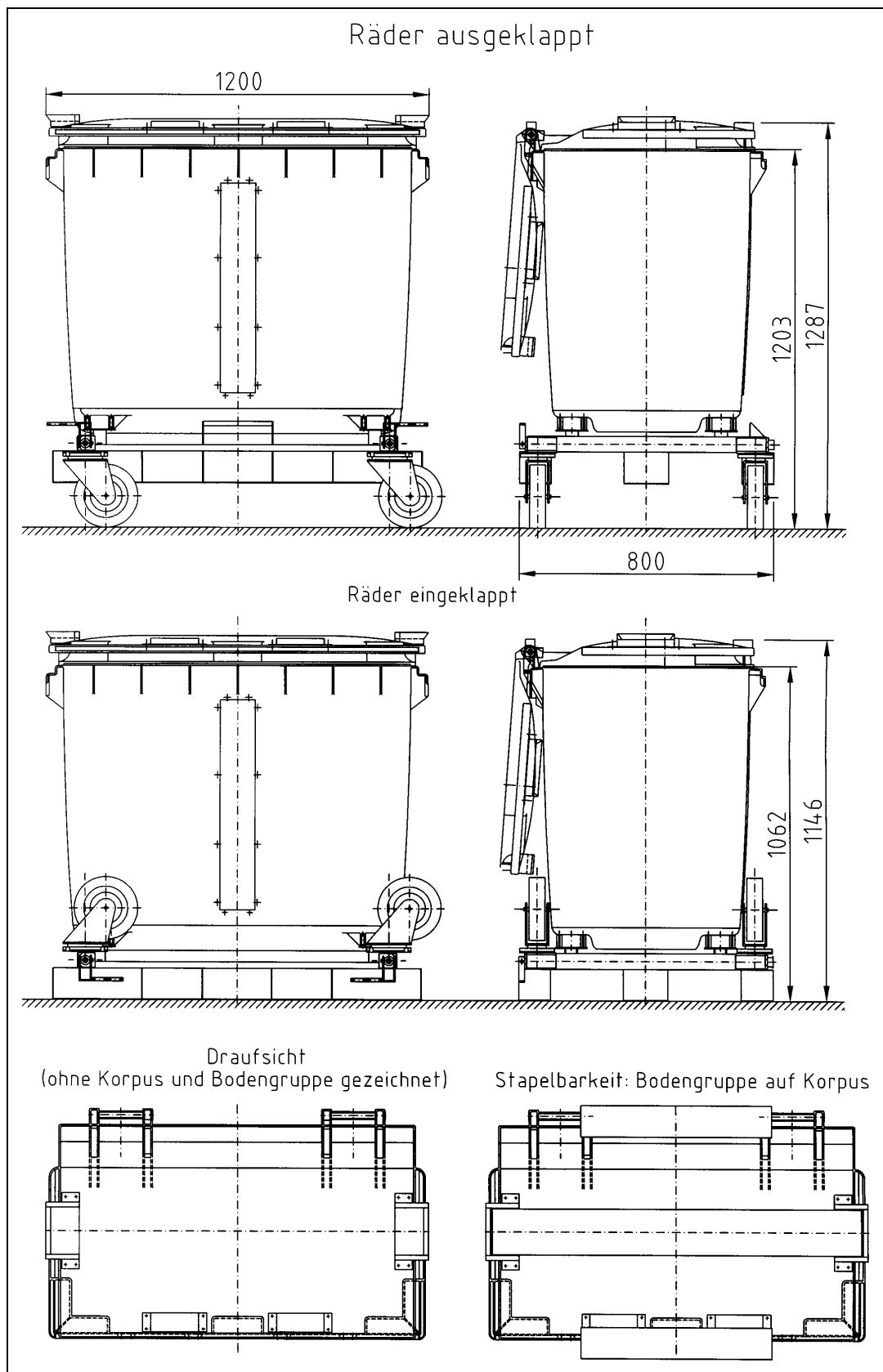


Bild 3.7: Überblick der Konstruktion Industrie-Entsorgungsbehälter, Sulo 1999

In Anlehnung an die charakteristischen Anforderungskriterien in der Transportkette Entsorgung (vgl. Bild 3.3) sind zwei unterschiedliche Zustände des Behälters dargestellt:

- Behälter ist rollbar
- Behälter hat eine palettenähnliche Bodengruppe

Diese beiden Zustände kann der Bediener durch Betätigen eines Schwenkmechanismus einstellen. Neben den Seitenansichten ist in der Draufsicht dargestellt, wie die Bodengruppe zwecks Stapelung der Behälter auf den am Deckel angebrachten Profilen aufliegt.

#### a) Bodengruppe

In der Bodengruppe sind die wesentlichen Handhabungsfunktionen für den innerbetrieblichen Transportvorgang integriert. Im eingeklappten Zustand der Räder wird die Funktion einer Europalette abgebildet, also eine Handhabung mit gängigen Stetig- und Unstetigfördermitteln ermöglicht. Die Räder werden hierzu um 180° seitlich am Behälter hochgeklappt. Um in den Fahrbetrieb zu wechseln, muss der Behälter, z. B. mit einem Gabelstapler, aufgenommen und die Räder anschließend ausgeklappt werden. Die Betätigung wird manuell durch Umlegen eines Hebels jeweils für die beiden Räder einer Achse durchgeführt (vgl. Bild 3.8).

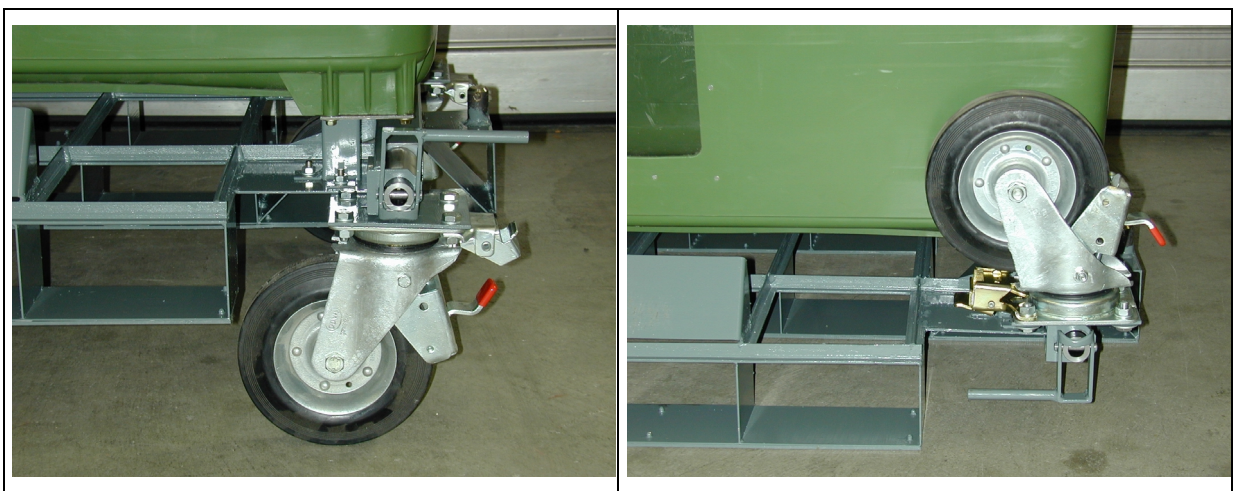


Bild 3.8: Betätigung des Klappmechanismus beim Industrie-Entsorgungsbehälter

Varianten, die einen größeren Automatisierungsgrad ermöglicht hätten, wurden nicht weiter verfolgt, weil diese zum einen zu erheblich höheren Kosten geführt hätten und zum anderen die notwendige Robustheit durch eine aufwendigere Konstruktion nicht mehr gewährleistet gewesen wäre. Eine maximale Bewertung hat also jene Variante erhalten, die sich unter Berücksichtigung sämtlicher Kriterien als optimal erwiesen hat, auch wenn dies dazu geführt hat, dass der Automatisierungsgrad nicht maximal ist.

Durch die Rollbarkeit des Behälters ist vor allem das Heranführen an Müllsammelfahrzeuge, ein Verschieben im Arbeitsplatzbereich sowie die Bildung eines Schleppzuges möglich. Es wurden dabei gängige Räder mit  $\varnothing$  200 mm in der Konstruktion verwendet.

### **b) Korpus**

Es wurde ein Kunststoff-MGB mit 660 l Nennvolumen als Korpus genutzt, also ein Standard-MGB, dessen Verwendung zu den folgenden Vorteilen führt:

- Die Grundmaße integrieren sich in das 1.200 x 800 mm Rastermaß
- Die Verwendung eines MGB 660 l ergibt Kostenvorteile bei der Fertigung
- Eine Kammschüttung und somit Schnittstelle zu den Müllsammelfahrzeugen ist bei diesen Behältern vorhanden
- Das Behältereigengewicht ist bei einem Kunststoffbehälter sehr gering

Dieser Korpus wird an die Bodengruppe geschraubt, so dass z. B. bei der Behälterauslieferung der Transportraum durch die modulare Bauweise optimal genutzt werden kann, so dass eine Montage von Bodengruppe und Behälter erst nach der Auslieferung erfolgen kann.

An der Frontseite des Behälters ist zusätzlich ein Sichtfenster vorgesehen, so dass eine Füllstandskontrolle möglich ist und Fehlwürfe dadurch reduziert werden können, dass eine Sichtkontrolle von außen möglich wird.

### **c) Deckel**

Der Deckel ist als Standard vom 660 l MGB übernommen worden. Zusätzlich wurden an sechs Stellen Profile auf diesen Deckel aufgebracht, so dass eine Stapelbarkeit der Behälter mit eingeklappten Rädern möglich ist (vgl. Bild 3.9), und zwar zwei Be-



hälter im vollen und vier im leeren Zustand. Die Bodengruppe des Behälters ist dementsprechend so gestaltet, dass eine sichere Aufnahme der Stapelprofile möglich ist.



Bild 3.9: Stapelbarkeit des Behälters

### 3.4.2 Test und Optimierung der Konstruktion

Nach Abschluss der Entwicklung und Konstruktion wurden auf der Basis der Fertigungsunterlagen zwei Muster (vgl. Bild 3.10) der Behältnisse in der Werkstatt des Instituts für Fördertechnik und Logistik gebaut. In einem weiteren Schritt konnten nun die Anforderungskriterien durch Tests der Muster überprüft werden.



Bild 3.10: Muster der Industrie-Entsorgungsbehälter

Gerade die geforderte Kompatibilität zu verschiedenen Förder- und Umschlagmitteln sollte in diesen Tests (vgl. Bild 3.11) überprüft werden.

Fördermittel	Art der Tests	Umfang der Tests
Stetigförderer, bestehend aus <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kettenförderer,</li> <li>• Eckumsetzer,</li> <li>• Rollenbahn,</li> <li>• Eckumsetzer und</li> <li>• Kettenförderer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfung der Funktionalität</li> <li>• Abrieb an den Kufen</li> <li>• Übertragung des Antriebs von den Rollen auf die Kufen</li> <li>• Auswirkungen der Vibrationen</li> </ul>	60 h Dauerversuch
Gabelstapler	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufnahme des Behälters</li> <li>• Betätigen des Klappmechanismus</li> <li>• Absetzen des Behälters aus einer Höhe <math>h = 100 \text{ mm}</math></li> <li>• Stapeln der Behälter übereinander</li> <li>• Aufnahme des Behälterstapels und Fahrt mit diesen zwei Mustern zur Überprüfung der Kipp- und Standsicherheit</li> </ul>	Anzahl = 50  Anzahl = 20  Anzahl = 20
Schlepper	Rollbarkeit der Behälter im Schleppzug unter Variation und Berücksichtigung von <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geschwindigkeit (<math>v_{\max} = 20 \text{ Km/h}</math>)</li> <li>• Kurvenradien</li> <li>• Bordsteinfahrten</li> <li>• etc.</li> </ul>	4 h Test
Handgabelhubwagen	Einfahren und Unterfahren der Behälter	Anzahl = 10

Bild 3.11: Versuchsprogramm für die Muster der Industrie-Entsorgungsbehälter

Die Tests wurden mit dem Ziel durchgeführt, den Nachweis der technischen Funktionalität des Behältersystems zu erbringen. Hierzu sind die Tests in Bild 3.11 in Art und Umfang dargestellt, die auf dem fördertechnischen Prüfstand des Instituts für Fördertechnik und Logistik (vgl. Bild 3.12 und Bild 3.13) durchgeführt wurden. Fördertechnische Dauerversuche sollen bei diesen Behältern erst in einer weiteren Projektphase erfolgen, nachdem die Tests hinsichtlich Wärmebeständigkeit und Schüttungsversuchen an Kammschüttungen abgeschlossen sind (Durchführung

beim Projektpartner Fa. Sullo). Daher ist der in Bild 3.11 genannte Umfang der Tests zur Überprüfung der Funktionalität ausreichend.



Bild 3.12: Fördertechnischer Prüfstand des Instituts für Fördertechnik und Logistik der Universität Stuttgart

Die geforderte Funktionalität wurde im Rahmen dieser Versuche nachgewiesen und die Konstruktion in Details optimiert, so wurde z. B. die Leichtgängigkeit des Klappmechanismus verbessert und weitere Gewichtsreduzierungen der Bodengruppe erreicht.

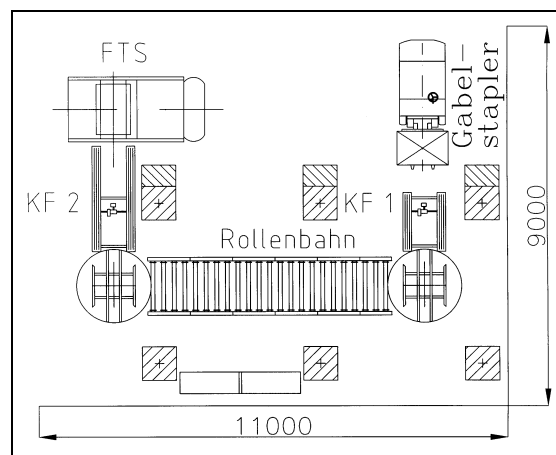


Bild 3.13: Hallenlayout des fördertechnischen Prüfstandes des Instituts für Fördertechnik und Logistik der Universität Stuttgart

### 3.4.3 Eignung des Lösungsprinzips für die innerbetriebliche Entsorgung

Im folgenden sollen die in Kapitel 3.3 definierten Anforderungen an einen Behälter auf Erfüllung überprüft werden:

**Befüllung:** Durch die Verwendung eines Standard-MGB ist eine einfache Befüllung gewährleistet. Die Verwendung von leichten Spritzgussteilen als Stapelprofile sorgt bei der Serienfertigung dafür, dass das Deckelgewicht und somit die Deckelöffnungskräfte akzeptabel sind. Als zusätzliche Funktion wurde die Füllstandskontrolle mittels auswechselbarem Sichtfenster vorgesehen. Das Behältereigengewicht beträgt ca. 80 kg und erfüllt somit die Konstruktionsvorgaben. Eine Unterscheidung verschiedener Fraktionen ist durch Farbgebung von Deckel und / oder Korpus möglich, kann aber auch durch wechselbare Tafeln flexibler gestaltet werden.

**Innerbetrieblicher Transport:** Die Bodengruppe des Behälters wurde in Anlehnung an die Funktionalität einer Europalette gestaltet, so dass mit eingeklappten Rädern eine Handhabung des Behälters mit den innerbetrieblichen stetigen und unstetigen Fördermitteln möglich ist. Mit ausgeklappten Rädern kann das Behältnis ebenfalls durch einen Gabelstapler o. ä. aufgenommen bzw. mittels Deichsel und Kupplung in einen Schleppzug integriert werden.

**Umschlag:** Der Kamm am Korpus ermöglicht eine Umleerung mit gängigen Müllsammelfahrzeugen oder Hub-/ Kippvorrichtungen. Ein ebenfalls übliches Umleeren durch Gabelstapler mit Drehvorrichtung ist möglich, da die Gabelstaplerzinken in einen geschlossene Einfuhröffnung in der Bodengruppe des Behälters eingreifen.

**Außerbetrieblicher Transport:** Durch das Rastermaß 1.200 x 800 mm der Bodengruppe ist der Behälter auf die Stellfläche der Transportmittel, also auf die Grundmaße des LKW als dominierenden Transportmittel, abgestimmt.

**Lagerung:** Möglich ist ein Verschieben im Arbeitsplatzbereich, die Stapelbarkeit der Behälter zur optimalen Raumausnutzung sowie das Einlagern des Behälters in ein Lager.

**Aufbau:** Die konische Form des Behälters stellt sicher, dass bei der Auslieferung mehrere Behälter ineinander gestapelt werden können, und somit die erforderlichen

Ladefähigkeiten minimiert werden. Für dieses einmalige Ausliefern der Behälter vom Hersteller zum Industrieunternehmen wird die Bodengruppe vom Behälter getrennt und vor Ort montiert.

**Abmessungen:** Neben den bereits angesprochenen Rastermaßen 1.200 x 800 mm, ist die Höhe der Einfüllkante des Behälters mit 1.203 mm bzw. 1.062 mm bei eingeklappten Rädern aus ergonomischer Sicht ausreichend niedrig.

**Werkstoff:** Als Werkstoff wurden für den Korpus und Deckel Kunststoff gewählt, da dieser gegenüber Stahl ein geringes Eigengewicht aufweist. Bei der Bodengruppe, die dem rauen Gabelstaplerbetrieb ausgesetzt ist, wurden auch im Hinblick auf die Reparaturfreundlichkeit im wesentlichen Stahlbleche verwendet.

Abschließend kann zusammengefasst werden, dass ein Behältersystem entstanden ist, welches kompatibel zu den gängigen Fördermitteln der Produktion ist und trotzdem die vorhandenen Schnittstellen der Entsorgungstechnik, z. B. der Müllsammel-fahrzeuge, berücksichtigt. Es wurden dabei vorhandene, bewährte Komponenten, z. B. der Korpus des 660 I MGB, mit neuen Komponenten, z. B. der Bodengruppe, kombiniert, so dass eine robuste Konstruktion entstanden ist, die einfach zu bedienen ist und auch der Erfüllung der Kostenziele Rechnung trägt.