

Die Optimierung der Entsorgungslogistik von Industrieunternehmen

Von der Fakultät Konstruktions- und Fertigungstechnik
der Universität Stuttgart
zur Erlangung der Würde eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Abhandlung

vorgelegt von
Dipl.-Ing. Jörg Heimsoth
geboren in Mettmann

Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. K.-H. Wehking

Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. D. Ziems

Tag der Einreichung: 24. Mai 2000

Tag der mündlichen Prüfung: 30. November 2000

Institut für Fördertechnik und Logistik
der Universität Stuttgart

2000

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fördertechnik und Logistik (IFT) der Universität Stuttgart.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. K.-H. Wehking, dem Leiter dieses Instituts, für die Förderung sowie seine wertvollen Ratschläge zu dieser Arbeit.

Herrn Prof. Dr.-Ing. D. Ziems von der Otto-von-Guericke-Universität in Magdeburg danke ich für die eingehende Durchsicht der Ausarbeitung und für die Übernahme des Mitberichtes.

Dem ehemaligen Direktor des Instituts, Herrn Prof. Dr. techn. F. Beisteiner, gilt mein Dank für die freundliche Unterstützung meiner Arbeit.

Bedanken möchte ich mich auch bei meinen Kollegen, allen voran den Herren Dipl.-Ing. Christian Luckner, Dipl.-Ing. Torsten Mallée und Dipl.-Ing. Robert Schulz, deren Unterstützung und konstruktive Ratschläge wesentlich zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben und die darüber hinaus auch ausgezeichnete Kollegen waren. Zusätzlich möchte ich Herrn Robby Beyer danken, der mich in Fragen der EDV erheblich unterstützt hat.

Abschließend möchte ganz besonders meiner Frau Corinna und meinen Eltern danken, die für die nötige Aufmunterung während der Bearbeitungszeit gesorgt haben.

Jörg Heimsoth

Stuttgart, Dezember 2000

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen, Formelzeichen und Indizes	7
Zusammenfassung	11
Abstract	12
1 Einleitung	18
1.1 Problemstellung	19
1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise	19
2 Ausgangssituation heutiger Industrieentsorgung	21
2.1 Begriffsbestimmungen	21
2.1.1 Versorgungslogistik	21
2.1.2 Entsorgungslogistik	22
2.1.2.1 Kommunale Sammlung von Abfällen	23
2.1.2.2 Industrieentsorgung	23
2.2 Organisation	25
2.2.1 Aufbauorganisation	25
2.2.1.1 Organisatorische Eingliederung der Entsorgung in den Unternehmen	25
2.2.1.2 Personaleinsatz im Entsorgungsbereich	26
2.2.2 Ablauforganisation	28
2.2.2.1 Sammelverfahren	28
2.2.2.2 Verantwortlichkeit der Sammlung	30
2.2.2.3 Bereitstellungsverfahren	33
2.3 Förder-, Lager- und Umschlagtechnik	35
2.3.1 Behältersysteme	35
2.3.1.1 Umleersysteme	35

2.3.1.2 Wechselsysteme	37
2.3.1.3 Einwegsyste me	37
2.3.2 Förder-, Transport- und Umschlagmittel	40
2.3.2.1 Fördermittel	41
2.3.2.2 Außerbetriebliche Transportmittel	44
2.3.2.3 Umschlagmittel	45
3 Behältertechnik als zentrales Element der Mechanisierung bzw. zukünftigen Automatisierung	49
3.1 Charakteristika bestehender Systeme	49
3.1.1 Kommunale Entsorgungsbehälter	49
3.1.2 Behälter der Versorgungslogistik	50
3.2 Behältertechnik als Teil der Transportkette Industrieentsorgung	51
3.3 Anforderungen an ein neuartiges Behältersystem innerhalb der Transportkette Industrieentsorgung	55
3.4 Konstruktive Umsetzung der Anforderungen in ein neuartiges Behältersystem	60
3.4.1 Konstruktives Lösungsprinzip	62
3.4.2 Test und Optimierung der Konstruktion	65
3.4.3 Eignung des Lösungsprinzips für die innerbetriebliche Entsorgung	68
4 Die Planungssoftware PELIKOS	70
4.1 Ziele des Programmes	71
4.2 Aufbau und Beschreibung des Programms	73
4.2.1 Allgemeine Stammdaten	75
4.2.2 Unternehmensspezifische Stammdaten	78
4.2.3 Planungsdaten	83

5 Berechnung der verschiedenen Kostenarten	87
5.1 Behälterkosten	89
5.2 Fördermittelkosten	90
5.2.1 Kosten der ortsgebundenen Fördermittel	91
5.2.2 Kosten der nicht ortsgebundenen Fördermittel	93
5.2.2.1 Gesamtfahrzeit der Fördermittel mit geringer Behälterkapazität	95
5.2.2.2 Gesamtfahrzeit der Fördermittel mit hoher Behälterkapazität	97
5.2.3 Anzahl der Fördermittel und resultierende Kosten	100
5.3 Außerbetriebliche Transportmittelkosten	101
5.4 Personalkosten	102
5.5 Beseitigungs- / Verwertungskosten	103
6 Planungsergebnisse von PELIKOS an Hand von zwei Beispielbetrieben	104
6.1 Beschreibung der Beispielbetriebe	104
6.1.1 Allgemeine Stammdaten	105
6.1.2 Unternehmensspezifische Stammdaten	106
6.1.3 Planungsdaten	109
6.2 Varianten der Entsorgungslogistik	111
6.3 Planungsergebnisse für verschiedene Varianten der Entsorgungslogistik	114
6.3.1 Planungsergebnisse von PELIKOS für Beispielunternehmen A	114
6.3.2 Planungsergebnisse von PELIKOS für Beispielunternehmen B	116
6.3.3 Bewertung und Diskussion der Planungsergebnisse	118
6.4 Güte der Planungsergebnisse	122
7 Zusammenfassung und Ausblick	128
8 Literatur	131
9 Anhang	135

A Abkürzungen

Dep	Depot
FTF	Fahrerloses Transport-Fahrzeug
FTS	Fahrerloses Transport-System
KLT	Kleinladungsträger
MGB	Müllgroßbehälter
PPK	Pappe, Papier und Kartonage

B Formelzeichen und Indizes

Formelzeichen Einheit Bedeutung

A_{UL}	-	Anzahl der Umleerungen pro Jahr
$\overline{Dep} \quad S_{dz(1)}$	m	Fahrstrecke vom Depot zur ersten dezentralen Senke
f_{FTS}	-	Nutzungsgrad der Fahrerlosen Transportsysteme (FTS) für die Entsorgung
$f_{FTS,Var}$	-	Faktor, über den die variablen Kosten der FTS erfasst werden
f_{RB}	-	Nutzungsgrad der Rollenbahnen für die Entsorgung
$f_{RB,Var}$	-	Faktor, über den die variablen Kosten der Rollenbahnen erfasst werden
KA_{FM}	-	Kapazität der Fördermittel
$K_{BA,M}$	DM	Mietkosten je Behälter zur Abholung und Fraktion
K_{Beh}	DM	Behälterkosten
$K_{BS,A}$	DM	Abschreibungskosten je Behälter zur Sammlung und Fraktion
$K_{BS,M}$	DM	Mietkosten je Behälter zur Sammlung und Fraktion
$K_{BS,W}$	DM	Wartungs- und Instandhaltungskosten je Behälter zur Sammlung und Fraktion
K_{BV}	DM	Kosten für die Beseitigung und Verwertung der Abfälle
$K_{BV,Fr}$	DM	Beseitigungs- / Verwertungskosten pro Fraktion
K_{Fm}	DM	Fördermittelkosten

$K_{FM,Abschr}$	DM	Investitionskosten der Fördermittel
$K_{FM,Var}$	DM	Variable (einsatzabhängige) Kosten der Fördermittel
$K_{FTF,Inv}$	DM	Investitionskosten der Fahrzeuge der Fahrerlosen Transport-Fahrzeuge (FTF)
K_{FTS}	DM	Kosten der Fahrerlosen Transportsysteme (FTS)
$K_{FTS,Inv-St}$	DM	Investitionskosten der Steuerung der Fahrerlosen Transportsysteme (FTS)
$K_{Ges,Ent}$	DM	Gesamte innerbetriebliche Entsorgungskosten
$K_{NOFM,g}$	DM	Kosten für nicht ortsgebundene Fördermittel mit einer geringen Behälterkapazität
$K_{NOFM,h}$	DM	Kosten für nicht ortsgebundene Fördermittel mit einer hohen Behälterkapazität
K_{OFM}	DM	Kosten für ortsgebundene Fördermittel
K_{Pers}	DM	Personalkosten
$K_{Pers,T}$	DM	Personalkosten pro Stunde für die Bediener der Fördermittel
K_{RB}	DM	Kosten der Rollenbahnen pro Jahr
$K_{RB,Inv}$	DM	Spezifische Investitionskosten der Rollenbahnen
K_{TBA}	DM	Transportkosten für die Abholung eines Behälters
K_{TBS}	DM	Transportkosten eines Behälters zur Sammlung
K_{Tm}	DM	Transportmittelkosten
$K_{Tm,BA}$	DM	Summe der Transportmittelkosten bei Abholung der Behälter
$K_{Tm,pool}$	DM	Summe der Transportmittelkosten bei Bereitstellung an Poolplätzen
l	m	Länge der Rollenbahnen pro Halle bzw. Strecke vom Behälterstandort zur dezentralen Senke
m	-	Anzahl der Hallen
m_{Fr}	kg	Masse pro Fraktion
n	-	Anzahl der Fraktionen
N	-	Einzelabweichung pro Halle
$\bar{N}$	-	Mittlere arithmetische Abweichung
n_{BA}	-	Anzahl der Behälter zur Abholung
n_{BS}	-	Anzahl der Behälter zur Sammlung

n_{FM}	-	Erforderliche Anzahl der Fördermittel je Fördermittelart
$n_{FTF,Hal}$	-	Anzahl der FTF pro Halle
$n_{FTF,St}$	-	Anzahl der FTF mit derselben Systemsteuerung
q	-	Anzahl der Fördermittelarten mit geringer Behälterkapazität
r	-	Anzahl der Fördermittelarten mit hoher Behälterkapazität
R	-	Restanzahl der Behälter
s	-	Standardabweichung
S	-	Anzahl der Schichten
$\overline{S_{dz(j)} S_z}$	m	Fahrstrecke von der dezentralen Senke der Halle „j“ zur zentralen Senke
$\overline{S_{dz(m)} Dep}$	m	Fahrstrecke von der dezentralen Senke der letzten Halle (j=m) zum Depot
$\overline{S_{dz(j)} S_{dz(j+1)}}$	m	Fahrstrecke zwischen den dezentralen Senken der einzelnen Hallen
t_{ab}	s	Abgabezeit der Behälter
t_{auf}	s	Aufnahmezeit der Behälter
t_{Fahr}	s	Gesamtfahrzeit
t_{FM}	s	Theoretisch verfügbare Zeit des Fördermittels pro Jahr
$T_{FM,Abschr}$	-	Abschreibungszeitraum der Fördermittel
$T_{FTS,Abschr}$	-	Abschreibungszeit der FTS
$t_{ges,g}$	s	Gesamtzeit der Behältersammlung, der Index g wird für die Fördermittelarten mit geringer Behälterkapazität verwendet
$t_{ges,h}$	s	Gesamtzeit der Behältersammlung, der Index h wird für die Fördermittelarten mit hoher Behälterkapazität verwendet
$T_{RB,Abschr}$	-	Abschreibungszeit der Rollenbahnen
t_{uml}	s	Umleerzeit der Behälter
v_m	m/s	Mittlere Geschwindigkeit des Fördermittels
V_{BA}	m ³	Fassungsvolumen eines Behälters zur Abholung
w	-	Umwegfaktor
X	-	Anzahl der Touren pro Halle

Δl_{Soll}	m	Fahrstrecke von der Quelle zur Senke Soll gemäß Wegenetz
$\Delta l_{\text{Luftlinie}}$	m	Fahrstrecke von der Quelle zur Senke Luftlinie ohne Berücksichtigung eines Umwegfaktors
λ	1/a	Betrieblicher Durchsatz der ortsgebundenen Fördermittel in Behältern pro Jahr.
ρ	kg/m ³	Dichte pro Fraktion
η_B	-	Beschäftigungsgrad des Fördermittels
v_p	-	Verdichtungsfaktor

Verwendete Zähler

i	-	Fraktions-Zähler
j	-	Hallen-Zähler
k	-	Fördermittelarten-Zähler (geringe Behälterkapazität)
l	-	Fördermittelarten-Zähler (hohe Behälterkapazität)

Zusammenfassung

Im Arbeitsgebiet der Entsorgungslogistik von Industrieunternehmen ist bislang erst sehr vereinzelt angestrebt worden, systematisch die vorhandenen Prozesse zu optimieren. Gerade beim Vergleich verschiedener Unternehmen wurde deutlich, dass in diesem Bereich erhebliche Optimierungspotentiale vorhanden sind.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde zunächst die Ausgangssituation der Entsorgungslogistik untersucht und dargestellt welche Technik und Organisation angewendet wird. Es wurde dargestellt, dass die vorhandene Behältertechnik in Bezug auf die geforderte durchgängige Kompatibilität entlang der Transportkette Industrieentsorgung Schwachstellen aufweist und deutlich gemacht, dass eine Kombination der Leistungsmerkmale aus kommunalem Behälter und Behälter der Versorgungslogistik zukünftig erstmals eine durchgängige Mechanisierung der Transportkette Entsorgung darstellen würde. Diese und weitere Anforderungen wurden im nächsten Schritt konstruktiv in ein neuartiges Behältnis umgesetzt.

Der wirtschaftliche Nutzen solcher Behälter lässt sich jedoch schwer abschätzen, weil keine Erfahrungswerte von Anwendern vorliegen und die heutige Entsorgungslogistik auf die vorhandenen Behältersysteme ausgerichtet ist.

Daher ist eine Planungssoftware, das Programm PELIKOS, entwickelt worden, die aus einem CAD-Modul und einem Berechnungs-Modul besteht. Bei PELIKOS handelt es sich um eine Planungssoftware zur Kostenvergleichsrechnung verschiedener Varianten. Das Programm bietet die Möglichkeit den Nutzen verschiedener Entsorgungskonzepte zu ermitteln und die Auswirkung einer Änderung von wichtigen Parametern auf die Logistikkosten bereits in der Planungsphase abzuschätzen.

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass sich durch eine veränderte, optimierte Entsorgungslogistik durchaus Potentiale erschließen lassen; so konnte bei einem sehr großen, komplexen Werk ein Einsparungspotential von 27 % gegenüber dem Ist-Zustand ermittelt werden.

Mit der Software PELIKOS wurde erstmalig ein Programm entwickelt, welches die Unternehmen bei der Planung einer optimalen innerbetrieblichen Entsorgungslogistik unterstützt, wobei es einen geeigneten Kompromiss zwischen ausreichender Genauigkeit und erforderlichem Planungsaufwand darstellt.

Abstract

Up to now, there have only been isolated attempts to optimize existing industrial waste disposal logistics systematically. It very often happens that no use is made of available potential for cutting costs in production logistics. When the waste disposal logistics used by various companies are compared, it becomes quite clear that there is a great potential available for optimizing waste disposal processes and that this topic has obviously been neglected up to now.

In the following, there will be three examples given to demonstrate this.

- If the high degree of mechanization and automatization to be found in production logistics is considered, it is remarkable that the waste disposal side is frequently dominated by manual processes. And these manual processes are to be found not just in connection with collecting systems but also in the planning of the waste disposal logistics. However, especially in large companies with correspondingly complex structures, planning waste disposal procedures manually involves a great deal of time and energy and the results are very often ineffective which means that it would probably be sensible to use EDP support here.
- Furthermore, it is striking just how often industrial companies use local municipal container technology although a factory frequently has quite different requirements for its collecting system.
- In addition, it is surprising just how little many companies know about the costs arising from in-house waste disposal logistics. Often the only positions known are simply those costs involving the disposal and dressing of waste, but not those involving the conveying, storage and handling technology used in-house to transport the waste from where it is produced, i.e. the source to the in-house refuse collecting point where it is handed over to an external service company.

With this state of affairs in mind, this investigation wants first of all to go into the initial situation in waste disposal logistics and to describe what kinds of technology are used, that is the kinds of container, means of conveyance and non-company transport, as well as to look at how the waste disposal logistics is organized. As an example for the organization, this paper will deal with one important detail concerning the provisi-

on of containers. Here, it is necessary to differentiate between the various systems used in the factory, whether the containers are provided centrally or decentrally, or whether there are strategically-placed container pools. In the latter case, the containers are placed round the edge of the factory floor and emptied by a refuse-collecting vehicle with an in-house round. It has been proved that the method chosen for the provision of containers is very important for the company as it has a great influence on the actual costs involved for logistics.

In order to be able to investigate which areas contribute most to producing the best possible logistics, the waste disposal transport chain was considered in great detail starting at the source (where the waste occurs), through the various possible in-house handling centres to the final refuse-collecting point (where it is handed over to an external waste disposal firm). The weak points of existing container systems can be best shown by an analysis of the transport chain. One of the weak points in the transport chain for industrial waste disposal which was exposed by the analysis of the actual situation was that the container technology used did not come up to the required compatibility standards. The containers used were either municipal containers (so-called MGB (large refuse containers) with a filling volume of 1,100 l for example) or else containers used for supplies logistics (lattice boxes or similar containers).

The three sectors of the transport chain:

- Where the waste is produced (source)
- In-house transport and handling centres
- Where it is handed over to an external waste disposal firm (final refuse-collecting point)

were each assigned characteristic requirements criteria which were then compared with the characteristics of existing container systems. In particular, important criteria such as ergonomics and mobility, compatibility with conveying and handling equipment as well as compatibility with the refuse collecting vehicles were taken into consideration. It became quite clear that by combining the features found in municipal containers with those used in supplies logistics it would be possible to provide a universal mechanization of the transport chain for waste disposal in future.

As a next step, the above characteristics were combined with additional requirements for the construction of a new kind of container to suit the whole of the waste disposal transport chain and not just individual sectors.

For this, an MGB was fitted with a special base construction so that the wheels could be let down or retracted by means of a swivel mechanism. This meant that the container had the following important features:

- It could be rolled (wheels let down)
- It could be used like a pallet (wheels retracted) and is therefore compatible with all continuous and intermittent conveying devices currently used in industry.

It is however difficult to estimate the economic benefits of such containers for manufacturers as there are no empirical values available from users and the present waste disposal logistics is based on the use of the existing container systems.

Because of this, a software program for planning called PELIKOS was developed to help provide economic proof about whether the use of such industrial refuse containers under certain limiting conditions could be to the company's advantage. Within PELIKOS, it is also possible to depict a great number of the elements used in industrial waste disposal. PELIKOS is a planning software program for cost comparison methods with different variants. The program makes it possible to determine the advantages of various waste disposal concepts by taking the most important logistic parameters into consideration as well to estimate during the early stages of planning just how the alteration of these parameters would affect the logistic costs. This planning software should therefore make it possible to check and compare the costs arising from a variety of different parameters, such as:

- In-house waste-collection:
- Container technology,
- Conveying technology and
- External means of transport.

The PELIKOS program consists of two modules

- CAD module and
- Calculation module.

During the planning, data can be transferred from the CAD module to the calculation module. The calculation module was developed in an Access-databank.

The data taken into account in the program can be divided into:

1. General master data

- Travelling speed
- Time needed for picking up and depositing containers
- Time needed to empty containers or to transfer waste
- Number of containers carried by conveyor
- etc.

2. Master data specific to company

- Position of containers (sources)
- Refuse-collection points (centralized and decentralized)
- Routes (for continuous and non-continuous conveyors)
- etc.

3. Planning data

- Number of work shifts where waste needs to be disposed of
- Discharging cycles
- Staff wages
- Containers provided centrally, decentrally or in pools
- etc.

The cost comparisons for the various kinds of costs which form the basis of this software are described. From a logistics point of view, it is the costs for both the conveying devices and the resulting workforce which are important. For instance, with PELIKOS it is possible to make cost comparisons about just how many conveying devices are necessary in a factory for a defined planning variant, and from this the workforce needed to operate them can be calculated by multiplying by the number of shifts.

After the description of the theoretical principles underlying the cost comparisons, the planning possibilities offered by the program are explained using two companies as examples. These two sample companies are real factories whose layout and data

has been changed to such an extent that on the one hand they are anonymous and no conclusions can be drawn as to their identities, but on the other hand they can still be used as practical examples.

In the planning phase, for each of the sample companies six planning variants were calculated which were chosen from the multitude of theoretically possible combinations and which can also be regarded as being close to reality. The main differences in these variants concern the following parameters:

- Conveying devices
- Type of container
- Means of transport
- Provision of containers

All the other parameters (number of shifts, workforce costs, etc.) were consciously kept as constants so make it possible to compare the results of the planning. The various kinds of costs arising from the individual planning variants are given as the result of the planning run and compared. With regard to the container technology, the results can be summed up as follows:

It has been confirmed that the innovative industrial waste-disposal containers have advantages in those cases where it is possible to use the existing compatibility to continuous and non-continuous conveying devices. This means that each individual case should be checked to see whether such conveying devices can be integrated into the waste-disposal logistic chain so that its potential can be optimized.

In contrast, using conventional container technology is justified in cases where the logistic infrastructure is not well developed.

For the evaluation of the planning results, it was very important to find out whether it was possible to produce an exact picture of the actual conditions in the companies with PELIKOS.

Here, we can take the network of distances as an example. They were depicted as the crow flies but included the need to make detours. In order to determine the de-

degree of divergence resulting from this simplification, the actual distances from the source to the refuse-collecting point were measured in the two factories being used for the research. The total distance covered is equal to the total of all the distances covered by the conveying devices in a year. The error made by the software through using such a detour factor was determined by comparing it with the actual distances covered.

The difference to the total distance covered and the additional costs for the workforce and the use of the conveying devices is about 10%. As these costs only account for about 60 % of the overall logistics costs in the sample companies, the error in the overall result arising from this simplification is only about 6%. This constitutes a confirmation of the detour factor chosen for the calculation of the distances covered within the PELIKOS program and confirms that the planning results were sufficiently accurate.

The results have shown that it is possible to tap potential resources by altering and optimizing the waste disposal logistics. As a result, it was possible to determine a savings potential of 27% of the actual costs for a very large and complex factory.

In conclusion, the results of the planning variants could be summarized as follows:

- In order to reach the target of optimizing the in-house waste disposal logistics, the existing production infrastructure should also be used for waste disposal.
- It has been shown that both the organization and the container technology are of central importance.
- As there are different specific conditions in each factory which need to be taken into consideration when trying to optimize the waste disposal logistics, a software program which allows these parameters to be adjusted individually can play an important part in determining the best possible waste disposal concept for each case.
- The PELIKOS software is the first program to be developed to support companies when planning an optimal in-house waste disposal system whereby it constitutes a suitable compromise between satisfactory accuracy and the necessary planning expenditure.

1 Einleitung

Die Entsorgungslogistik von Industrieunternehmen ist ein Arbeitsgebiet, in dem erst sehr vereinzelt begonnen wurde, systematisch die vorhandenen Prozesse zu optimieren. Zunächst standen (und stehen) bei vielen Unternehmen die Kernprozesse der Produktion im Mittelpunkt der Betrachtung. Potenziale für Einsparungen in einem Dienstleistungsbereich wie der Entsorgungslogistik, bleiben daher oftmals ungenutzt, **Wehking 2000. Ziems 1996** schätzt in diesem Zusammenhang die innerbetrieblichen Kosten der Entsorgungslogistik in Deutschland auf ca. 1,3 bis 5,4 Mrd. DM pro Jahr allein im Bereich des Investitionsgüter produzierenden Gewerbes.

Der sich verschärfende Kostendruck auf die Industrieunternehmen bedingt zudem, dass zunehmend Dienstleistungen, die sich nicht unmittelbar mit der Produkterstellung befassen, fremdvergeben („outsourct“) werden, so dass entsorgungslogistische Aufgaben zunehmend von Dienstleistern / Entsorgern auch innerhalb der Produktion durchgeführt werden.

Es reicht für eine solche Dienstleistung jedoch nicht aus, die bekannte Technik und Organisation der kommunalen Entsorgung in die Industrieunternehmen zu übertragen, ohne den dort vorherrschenden unterschiedlichen Randbedingungen und Einflussfaktoren ausreichend Rechnung zu tragen, **Wehking 1996**. Solche Dienstleistungen können nur optimal durchgeführt werden, wenn die Förder-, Lager- und Handhabungstechnik, die ein Industriebetrieb im Bereich der Entsorgung erforderlich macht, in geeigneter, zweckangepasster Form entwickelt und in Alternativen zur Auswahl zur Verfügung steht.

Der hohe Anteil der innerhalb des Werkes noch immer vorhandenen manuellen Tätigkeiten zeigt, dass in diesem Bereich Ansätze und Konzepte zur Mechanisierung bzw. zukünftigen Automatisierung der innerbetrieblichen Entsorgungslogistik erforderlich sind. Nur wenn es gelingt, die vorhandene logistische Infrastruktur der Produktion auch für die Entsorgung besser zu nutzen, können effizientere Lösungen erzielt werden.

1.1 Problemstellung

Um eine Mechanisierung bzw. zukünftige Automatisierung entsorgungslogistischer Prozesse in Industriebetrieben zu erreichen, ist es nicht ausreichend die bestehende Förder-, Lager- und Handhabungstechnik der kommunalen Entsorgung in die Industrieunternehmen zu übertragen, sondern es müssen die speziellen Gegebenheiten, wie beispielsweise die dort genutzten Fördermittel, berücksichtigt werden. Als Beispiel sei die Gruppe der Müllgroßbehälter (MGB) genannt, die zwar kompatibel zu den Abfallsammelfahrzeugen ist, nicht aber zu den in Industrieunternehmen verbreiteten Unstetigförderern, wie z. B. Gabelstaplern, Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF), etc. oder Stetigförderern, wie z. B. Rollenbahnen oder Kettenförderer. Gerade für die Behältertechnik müssen daher Anforderungen für einen solchen Einsatz aufgestellt werden, da die kommunale Technik oftmals nur eine manuelle Handhabung zulässt. Die heute in Industriebetrieben noch stark verbreiteten kommunalen Behältersysteme verhindern somit mechanisierte bzw. zukünftig automatisierte Lösungen im Bereich der Entsorgungslogistik, **Wehking 1996**.

Im Rahmen dieser Arbeit soll die gesamte Transportkette der innerbetrieblichen Entsorgungslogistik untersucht werden, um Problemfelder aufzudecken und daraus Konzepte für mechanisierte bzw. zukünftig automatisierte Lösungen ableiten zu können. Gerade auf die Überprüfbarkeit der Effizienz von unterschiedlichen Logistikkonzepten soll dabei ein besonderer Schwerpunkt gelegt werden, um im Vorfeld von Planungen die Auswirkungen der veränderten Randbedingungen auf die Logistikkosten abschätzen zu können. Diese Überprüfung der Kosten der innerbetrieblichen Entsorgungslogistik erfolgt durch den Einsatz einer Planungssoftware, die speziell für diese Aufgabe entwickelt wurde.

1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise

Im Rahmen dieser Arbeit soll der Bereich der sogenannten Volumenfraktionen näher untersucht werden, also die Fraktionen Restmüll, Folien und PPK (Pappe, Papier und Kartonage). Diese Fraktionen fallen in sehr vielen Unternehmen in erheblichen Volumina an (daher wird im folgenden für diese Fraktionen der Begriff Volumenfraktionen verwendet) und deren innerbetriebliche Sammlung erfordert einen großen logistischen Aufwand, so dass in diesem Bereich auch erhebliche Potenziale für Optimierungen vorhanden sind, **Wehking 1997**.

Der Ist-Zustand der industriellen Entsorgungslogistik wird in Kapitel 2 aufgezeigt und dabei eine Abgrenzung zur kommunalen Entsorgung vorgenommen. Schwerpunkte der Betrachtung sind dabei sowohl aufbau- und ablauforganisatorische Fragen, als auch die eingesetzten Fördermittel, Transportmittel und Behältersysteme.

Gerade die Behältertechnik wird dabei eingehend untersucht, da hier im besonderen die Probleme für eine unzureichende Mechanisierung bzw. zukünftige Automatisierung begründet sind. Daher wird die Behältertechnik in Kapitel 3 im Detail analysiert, angefangen von den Charakteristika bestehender Systeme bis hin zur Betrachtung der Behältersysteme als Teil der Transportkette Industrieentsorgung. Daraus abgeleitet werden die Anforderungen an ein neuartiges Behältersystem innerhalb der Transportkette Industrieentsorgung, welches die Schwachstellen vorhandener Systeme, also beispielsweise die fehlende Kompatibilität zu den gängigen Fördermitteln der Produktion, vermeidet. Dieses Kapitel schließt mit dem Nachweis der konstruktiven Erfüllung der aufgelisteten Anforderungen und der Beschreibung der Eignung dieser konstruktiven Lösung für die Industrieentsorgung.

Nicht zuletzt um den wirtschaftlichen Nutzen dieses neuartigen Behältersystems zu ermitteln, wird in Kapitel 4 ein Programm, PELIKOS (Planungssoftware für die Entsorgungs-Logistik von Industriebetrieben zur Kostenvergleichsrechnung), vorgestellt, welches EDV-gestützt erstmals die systematische Überprüfung der Kosten der innerbetrieblichen Entsorgungslogistik ermöglicht. Mit Hilfe dieser Kostenvergleichsrechnung hat der Planer die Möglichkeit eine Reihe von logistischen Parametern einzustellen und die Auswirkungen dieser veränderten Randbedingungen auf die Kosten der Entsorgungslogistik zu überprüfen.

In Kapitel 5 werden die Kostenarten eingehend beschrieben, die innerhalb des Programmes PELIKOS ermittelt werden können, und zwar im einzelnen Kosten für Behälter, Fördermittel, Transportmittel, Personal sowie Kosten für die Beseitigung / Verwertung der Abfälle. Die Planungsmöglichkeiten, auch unter Einbeziehung des neuartigen Behältersystems, werden in Kapitel 6 anhand von Beispielunternehmen erläutert und die Planungsergebnisse bei unterschiedlichen Logistikkonzepten diskutiert. Im Anschluss daran wird in Kapitel 7 zusammenfassend auf die Leistungsfähigkeit, Erweiterungsmöglichkeiten aber auch auf die Grenzen des Programmes eingegangen und abschließend ein Ausblick auf die zukünftige Logistik der Industrieentsorgung gegeben.

2 Ausgangssituation heutiger Industrieentsorgung

Im Versorgungsbereich von Industrieunternehmen wird je nach Branche, Fertigungstyp, Produktpalette, etc. eine Vielzahl verschiedener Geräte der Förder-, Lager- und Handhabungstechnik eingesetzt. In diesem Kapitel soll die Situation auf der Entsorgungsseite der Produktion, insbesondere die dort eingesetzte Technik und Organisation, eingehender betrachtet werden, um jene Charakteristika und Unterschiede zur Versorgung ableiten zu können, die für diesen Teil der Produktion systembestimmend sind.

2.1 Begriffsbestimmungen

2.1.1 Versorgungslogistik

Eine Reihe von Begriffen der Versorgungslogistik sind gleichermaßen für den Bereich der Entsorgungslogistik von Bedeutung und daher sollen diese im folgenden erläutert werden:

Transportkette: „Die Transportkette ist die Folge von technisch und organisatorisch miteinander verknüpften Vorgängen, bei denen Personen oder Güter von einer Quelle zu einem Ziel bewegt werden“, **DIN 30781 Teil 1**.

Transport: „Der Transport ist die Ortsveränderung von Personen und / oder Gütern mit manuellen oder technischen Mitteln“, **DIN 30781 Teil 1**.

Fördern: „Als Fördern wird der Transport innerhalb einer örtlich begrenzten und zusammenhängenden Betriebseinheit (z. B. innerhalb eines Werkes, ...) bezeichnet“, **DIN 30781 Teil 1**.

Umschlag: „Der Umschlag ist die Gesamtheit der Förder- und Lagervorgänge beim Übergang der Güter auf ein Transportmittel, beim Abgang der Güter von einem Transportmittel und wenn Güter das Transportmittel wechseln“, **DIN 30781 Teil 1**. Im Rahmen dieser Arbeit soll der Umschlag differenziert werden in die Bereiche Stückgutumschlag und Schüttgutumschlag (vgl. Kapitel 2.3.2.3).

Lagern: „Lagern ist jedes geplante Liegen des Arbeitsgegenstandes im Materialfluss“, **VDI 2411**.

2.1.2 Entsorgungslogistik

Innerhalb der Entsorgungslogistik wird die Förder-, Lager- und Handhabungstechnik für die folgenden Teilprozesse eingesetzt

- Sammeln (Definition s. Kapitel 2.1.2.1),
- Transportieren,
- Umschlagen und
- Lagern

Zusammen mit dem Behandeln ergeben sich die sogenannten STULB-Prozesse, **Wehking 1996**. Das Behandeln der Abfälle, also die mechanischen, biologischen oder thermischen Verfahren, welche der Abfall bei einer Verwertung durchläuft, sollen im Rahmen dieser Arbeit nicht näher betrachtet werden.

Für die logistischen Teilprozesse der Industrieentsorgung wurde eine umfassende Darstellung der technischen Komponenten (Behältersysteme, Fördermittel, Umschlagmittel, etc.) bisher nicht ausreichend vorgenommen, sondern die entsorgungslogistischen Teilprozesse wurden im Rahmen einer allgemeinen Betrachtung der betrieblichen Entsorgungswirtschaft, z. B. der Erfassungs- und Sammelprozesse oder der Entsorgungsinfrastruktur, beschrieben, **Matschke 1996**, bzw. an einzelnen Unternehmen beispielhaft untersucht, **Fleischer 1992**. Daher soll im folgenden eine umfassende Betrachtung der logistischen Teilprozesse und der eingesetzten Technik der Industrieentsorgung durchgeführt und dabei ein Vergleich und eine Abgrenzung zur kommunalen Entsorgungslogistik stattfinden.

Im Vergleich zum Bereich der Abfuhr von Siedlungsabfällen, in dem eine detaillierte Darstellung bereits in mehreren Quellen, z. B. bei **Gallenkemper 1988**, **Tabasaran 1994** und **Bilitewski 1994** erfolgt ist, liegen in Industrieunternehmen komplexere Verhältnisse vor. Eine unmittelbare Übertragung der Erkenntnisse aus dem Hausmüllbereich ist daher nicht möglich, da u. a. eine Erweiterung der Komplexität durch die innerbetriebliche Entsorgungslogistik, um z. B. die Systemelemente Fördermittel, Umschlagsysteme und Bereitstellungsverfahren, vorhanden ist (vgl. Bild 2.1). Um die eingesetzte Förder-, Lager- und Handhabungstechnik darstellen zu können, soll im folgenden zunächst eine Begriffsbestimmung für die Teilprozesse in den zwei Bereichen kommunale und industrielle Abfallwirtschaft erfolgen. Die Abgrenzung dieser

Betrachtung wird sich innerhalb der entsorgungslogistischen Prozesskette auf die Übergabe der Abfälle auf das Transportfahrzeug beschränken; der eigentliche außerbetriebliche Transport und anschließende Umschlag der Abfälle an einer Verwertungs- oder Beseitigungsanlage soll im Rahmen dieser Arbeit nicht näher betrachtet werden, weil das Industrieunternehmen die Systemgrenze darstellt.

2.1.2.1 Kommunale Sammlung von Abfällen

In der kommunalen Abfallwirtschaft wird der Begriff „*Einsammeln*“ differenziert durch die „*Erfassung*“ und „*Sammlung*“ von Abfällen, **Tabasaran 1994**: „Die *Erfassung* beinhaltet alle Vorgänge, die zum Befüllen der Behälter bzw. Container durch den Benutzer am Anfallort notwendig werden. Die *Sammlung* beschränkt sich insbesondere auf die Tätigkeiten, die durch die Müllwerker zur Ausführung gelangen, wie z. B. Herausstellen des Behälters, Umleeren des Behälterinhaltes bzw. Wechseln von Containern usw. Sammlung und Transport werden oft unter dem Begriff „*Abfuhr*“ zusammengefasst.“ Ein Sammelsystem wird als „eine Kombination von technischen Betriebsmitteln und menschlicher Arbeitskraft“ verstanden, also „insbesondere Sammelverfahren, Behältersystem, Fahrzeuge und Personal“, **Bilitewski 1994**. Diese Definitionen und Begriffsbestimmungen beziehen sich auf die Sammlung von Abfällen aus Haushalten, also die kommunale Abfallwirtschaft. Eine Übersicht der Systemelemente der kommunalen und industriellen Abfallsammlung gibt Bild 2.1.

2.1.2.2 Industrieentsorgung

Im Gegensatz zur Situation bei der kommunalen Abfallwirtschaft kommen bei der industriellen Abfallsammlung andere Systemelemente hinzu bzw. ist eine andere Gewichtung vorhanden (Bild 2.1). Die innerbetriebliche Entsorgungslogistik führt zu einer veränderten und komplexeren Ausgangssituation innerhalb der einzelnen Systemelemente.

Systemelemente						
Sammelverfahren	Behältersysteme	Außerbetriebliche Transportmittel	Fördermittel	Umschlagmittel	Bereitstellungs- verfahren	Personal
Umleerverfahren	Umleersysteme	Fahrzeuge zur Sammlung von Umleersystemen	Stetigförderer	Umschlag von Stückgütern	zentrale Bereitstellung	Mitarbeiter des Industrieunternehmens (Werker, Staplerfahrer, ...)
Wechselverfahren	Wechselsysteme	Fahrzeuge zur Sammlung von Wechselsystemen	Unstetigförderer	Umschlag von Schüttgütern	dezentrale Bereitstellung	Reinigungsdienste
Einwegverfahren	Einwegsysteme	Fahrzeuge zur Sammlung von Einwegsystemen			Bereitstellung an Poolstellen	Mitarbeiter des Entsorgers (Fahrer, Lader)
systemlose Sammlung					Bürger	
dominiernend im industriellen Bereich		dominiernend im kommunalen Bereich			in beiden Bereichen vertreten	

Bild 2.1: Systemelemente der kommunalen und industriellen Sammlung von Abfällen

Bild 2.2 zeigt weitere allgemeine Unterschiede und Randbedingungen der industriellen und kommunalen Sammlung von Abfällen.

Entsorgung von Haushalten	Entsorgung von Industrieunternehmen
Wöchentliche bzw. 14-tägige Umleerung ist die Regel	Entleerung erfolgt bei Restabfällen mindestens einmal täglich
Einheitliche Behälterstruktur	Vielzahl unterschiedlicher Behältertypen
kurze Wege zur Schnittstelle des Entsorgers¹ (Stellplatz)	weite Wege innerhalb des Industrieunternehmens
Umleerung ist ein einstufiger Prozess², z. B. bei der Sammlung von Restabfall bzw. ein zweistufiger Prozess, z. B. bei Bringsystemen (Kartons, Kunststoffe, etc.)	Umschlag³ innerhalb des Industrieunternehmens ist verbreitet
Es wird ein hoher Füllungsgrad und eine hohe Verdichtung der Abfälle erreicht.	Ein hoher Füllungsgrad wird selten erreicht (trifft überwiegend für Restabfall zu).

Bild 2.2: Vergleich der Randbedingungen der industriellen und kommunalen Sammlung von Abfällen

¹ Unter Entsorger soll im folgenden der externe Dienstleister verstanden werden.

² vgl. auch Kap. 2.2.2.3

³ vgl. auch Kap. 2.3

Die Besonderheiten der industriellen Entsorgung von Abfällen und die Unterschiede zur kommunalen Entsorgung werden in den nachfolgenden Kapiteln für die einzelnen Systemelemente geschildert.

2.2 Organisation

Die Organisation der Entsorgung in Industrieunternehmen gewinnt dadurch an Komplexität, dass weitere Komponenten und somit zusätzlicher Koordinationsaufwand hinzukommen.

2.2.1 Aufbauorganisation

2.2.1.1 Organisatorische Eingliederung der Entsorgung in den Unternehmen

Bei **Stölzle 1993a** wird die Entsorgung entweder dem Umweltschutz oder der Logistik zugeordnet. Dabei bieten beide Alternativen in der betrieblichen Praxis Vorteile (vgl. Bild 2.3).

	Vorteile der organisatorischen Eingliederung der Entsorgung
Bereich Umweltschutz	• Innerbetriebliche Überwachung und Planung sind hier eingebunden • Mitteilungspflichten an die Behörden • Direkter Informationsfluss zu den Überwachungs- und Planungsinstrumenten des Umweltschutzes
Bereich Logistik	• Logistische Aufgaben können zentral gesteuert werden • Kopplung von Ver- und Entsorgungsaufgaben möglich • Gute Integration und Koordination des operativen Personals

Bild 2.3: Vorteile der organisatorischen Eingliederung der Entsorgungslogistik in den Bereichen Umweltschutz und Logistik

Detaillierte Untersuchungen haben ergeben, dass man diese Einbindung noch weiter präzisieren kann, **Wehking 2000**. Unterscheidet man beim Personaleinsatz für die Entsorgung zwischen operativem und leitenden Personal, so hat die Untersuchung in 20 Industriebetrieben folgende aufbauorganisatorische Eingliederung ergeben (Bild 2.4).

Funktionsbereich	operatives Personal	leitendes Personal
Umweltschutz	-	11
Werkserhaltung / Werksservice *	7	6
Logistik	9	1
Gebäudeplanung / Energieversorgung	1	1
Produktcenter	-	1
Fremdvergabe **	3	-
Summe =	20	20

* z. T. auch Technischer Service, Zentrale Dienste, Standortdienste, Instandhaltung oder Werksdienst genannt

** nur aufgeführt, wenn komplett fremdvergeben wurde

Bild 2.4: Personaleinsatz für die Entsorgung innerhalb der Aufbauorganisation, Wehking 2000

Es wird deutlich, dass gerade die Eingliederung von operativem und leitendem Personal in unterschiedlichen Bereichen durchaus üblich ist. Während das leitende Personal in der Regel dem Umweltschutz zugeordnet wird, ist die Eingliederung des operativen Personals nicht eindeutig: der überwiegende Anteil liegt im Bereich der Logistik, in 15% der Fälle wurde aber bereits eine Fremdvergabe praktiziert.

2.2.1.2 Personaleinsatz im Entsorgungsbereich

Kommunaler Bereich

Im kommunalen Bereich erfolgt die Befüllung der Behälter durch die Bürger. Des weiteren sind die Müllader und die Fahrer des Fahrzeugs an der Sammlung bzw. dem Umschlag beteiligt. Die Lader übernehmen das Heranführen der Behältnisse vom Straßenrand an die Schüttung bzw. beim „full-service-Betrieb“ sogar vom Grundstück der Bürger an die Schüttung. Des weiteren übernehmen sie jeweils das Zurückstellen. In den letzten Jahren hat sich zunehmend der Seitenlader etabliert, bei dem im Idealfall die Sammlung ausschließlich vom Fahrer durchgeführt wird, **Wehking 1998**. Das Behältnis wird dabei durch den automatisch oder manuell gesteuerten Seitenladerarm an das Fahrzeug herangeführt und umgeleert.

Industrieller Bereich

Bei der Entsorgung von Industrieunternehmen sind dagegen verschiedene Personen an der Entsorgung beteiligt (vgl. Bild 2.5).

	interner-externer Umschlag *	interner-interner Umschlag * Transport der Behälter	Befüllung
Kommunale Entsorgung	Mitarbeiter des Entsorgungs- unternehmens	-	Bürger
Industrielle Entsorgung	Mitarbeiter des Entsorgungs- unternehmens	- Produktionsmitarbeiter - Mitarbeiter des Entsor- gungsunternehmens - Reinigungsdienste	Produktions- Mitarbeiter

* zur Definition Umschlag s. Kap. 2.3.2.3

Bild 2.5: Zentrale Aufgaben des Personals in der kommunalen und industriellen Entsorgung

a) Mitarbeiter des Industrieunternehmens

Hier ist zu unterscheiden zwischen Mitarbeitern, die ausschließlich bzw. überwiegend Entsorgungsaufgaben übernehmen (z. B. Gabelstaplerfahrer für den Entsorgungsbe-
reich) und solchen Mitarbeitern der Produktion (z. B. Bedienern von Werkzeugma-
schinen), die lediglich in den Nebenzeiten Entsorgungsaufgaben durchführen.

b) Mitarbeiter des Entsorgungsunternehmens

Fahrer und Lader von Entsorgungsfahrzeugen bzw. Personen, die z. B. ein Entsor-
gungszentrum betreiben.

c) Reinigungsdienste

Industriebetriebe gehen z. T. dazu über auch Entsorgungstätigkeiten in der Produkti-
on an Reinigungsdienste zu übergeben, da diese in der Regel bereits die Entsorgung
der Bürogebäude übernehmen.

2.2.2 Ablauforganisation

2.2.2.1 Sammelverfahren

Diese Verfahren werden unterscheiden nach den Behälter- und Fahrzeugsystemen, die am Sammelort zum Einsatz kommen. Vier verschiedene Verfahren sind nennen:

Umleerverfahren

Im kommunalen Bereich dominiert dieses Verfahren. Die Abfälle werden dabei vor Ort in die Sammelfahrzeuge umgeleert. Im Industrieunternehmen verbleiben die Behälter zwar innerhalb der Werksgrenzen. Die Umleerung erfolgt aber in der Regel nicht direkt am vorhandenen Behälterstandort im Arbeitsplatzbereich, sondern z. B. an einem Umschlagpunkt oder an einer zentralen / dezentralen Sammelstelle.

Wechselverfahren

Im Gegensatz zum Umleerverfahren werden die Abfälle zusammen mit den Behältern von den Fahrzeugen aufgenommen. Dieses Verfahren kommt im kommunalen Bereich z. T. auf Wertstoffhöfen zum Einsatz. Bei der Entsorgung von Industrieunternehmen kommt dieses Verfahren sehr viel häufiger zum Einsatz. Als Beispiel seien hier Entsorgungszentren auf den Firmengeländen genannt, an denen ein Wechsel der Behälter durch den Mitarbeiter des Entsorgungsunternehmens erfolgt.

Einwegverfahren

Beim Einwegverfahren ersetzen Säcke die bei den anderen Verfahren vorhandene Behältertechnik. Ein Bereitstellen von Behältern entfällt demnach. Unterstützt wird dieses Verfahren durch den Einsatz von Sackständern. Der Sack mit den Abfällen wird dabei vor Ort verschlossen und gegen einen neuen ausgetauscht.

Systemlose Sammlung

Dieses Verfahren ist in der Industrie kaum verbreitet. Die meist großvolumigen Teile werden ohne den Einsatz von Gebinden bereitgestellt, so dass z. B. PC's, Monitore, etc. in Abhängigkeit der anfallenden Menge systemlos gesammelt werden. Als weiteres Beispiel ist die Sammlung von Sperrmüll ein Verfahren mit systemloser Sammlung.

Diese Sammelverfahren lassen sich für die Bereitstellung der Behälter (vgl. Kapitel 2.2.2.3) unterschiedlich kombinieren bzw. variieren. Ausgehend vom Sammelbe-

hälter im Arbeitsbereich, der bei diskontinuierlichem Abfallanfall manuell befüllt wird⁴, kann entweder die Umleerung vor Ort oder durch Wechseln des Behälters erst an der Senke erfolgen.

Umleerung vor Ort

Ein Vorteil der Umleerung vor Ort ist, dass der Behälter an seinem Einsatzort verbleibt und uneingeschränkt verfügbar ist. Gegen die Umleerung vor Ort spricht, dass sie manuell zu erfolgen hat, da die Zuführung einer Hub-Kippvorrichtung oder sogar eines Abfallsammelfahrzeugs an den Arbeitsbereich in der Produktion aufgrund von beengten Verhältnissen in der Regel nicht möglich ist. Die Strecke zwischen den Sammelpunkten wird üblicherweise folgendermaßen zurückgelegt:

- manuell: der Werker schiebt für die Sammlung einen MGB, z. B. mit einem Volumen von 120 l, 240 l oder 360 l,
- Handwagen: der Werker zieht einen Handwagen hinter sich her, auf dem das Sammelgefäß steht,
- Schlepper: der Werker fährt einen Schlepper, der auf der Ladefläche den Sammelbehälter trägt; möglich ist auch der Einsatz von Anhängern, die weitere Sammelbehälter tragen.

Umleerung an der Senke

In diesem Fall wird die Sammlung der Abfälle als Wechselverfahren innerhalb der Produktion durchgeführt. Zu unterscheiden ist in Systeme

- mit direkter Bereitstellung eines leeren Behälters
- ohne direkte Bereitstellung eines leeren Behälters

Die bislang diskutierten Verfahren beziehen sich auf die einstufige Sammlung, d. h. eine Umleerung erfolgt einmal, entweder vor Ort oder an der (de-) zentralen Senke. Falls der Abfall zweimal umgeleert wird, liegt eine zweistufige Sammlung vor. Eine mehrstufige Sammlung (Anzahl der Umleerungen > 2) ist in der Praxis aus wirtschaftlichen Gründen nicht verbreitet, weil es Ziel ist, die Anzahl der Umleerungen und somit die Personalkosten möglichst gering zu halten.

⁴ Bei bestimmten kontinuierlich anfallenden Stoffen, wie z. B. Spänen, kann Stetigförderertechnik für die automatische Befüllung der Behälter zum Einsatz kommen.

2.2.2.2 Verantwortlichkeit der Sammlung

Kommunale Entsorgung

Bei der Sammlung aus Haushalten bringt der Bürger den Abfall zu einer zentralen Sammelstelle (z. B. ein Wertstoffhof) oder der Abfall wird an einer Sammelstelle des Haushalts abgeholt. **Bilitewski 1994** unterscheidet in diesem Zusammenhang wie folgt: Die Behälter „sind entweder in der Nähe des Anfallortes (Bringsysteme) oder am Anfallort selbst (Holsysteme) aufgestellt.“

Es wird deutlich, dass auch bei einem Bring-System der Mitarbeiter des Entsorgungsunternehmens die zentrale Sammelstelle anfährt und dort die Stoffe abholt (Bild 2.6). Daher handelt es sich streng genommen um ein Bring-Hol-System, wenn der gesamte Prozess betrachtet wird. Bei einem Bring-System im eigentlichen Sinne würde der Bürger dem Entsorger die Wertstoffe direkt bis zur Verwertungsanlage bringen. Da dieses System aber aus Gründen der Ökonomie der Sammlung unmittelbar ausscheidet, sollen die in der Literatur für den kommunalen Bereich gängigen Begriffe im folgenden weiter verwendet werden.

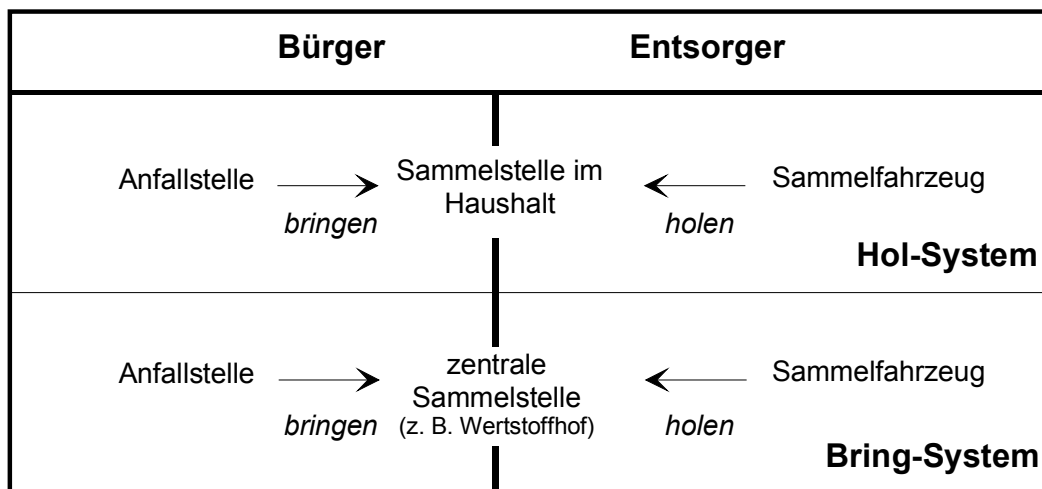


Bild 2.6: Verantwortlichkeit der Sammlung von Abfällen im kommunalen Bereich

Industrielle Entsorgung

In Anlehnung an die Einteilung von Industrieunternehmen in drei Ebenen, **VDI 4413**, wird deutlich (Bild 2.7), dass die Verantwortlichkeit des Entsorgers damit verbunden ist, auf welcher Ebene die Sammlung der Abfälle, also die Dienstleistung des industriellen Entsorgers, erfolgt.

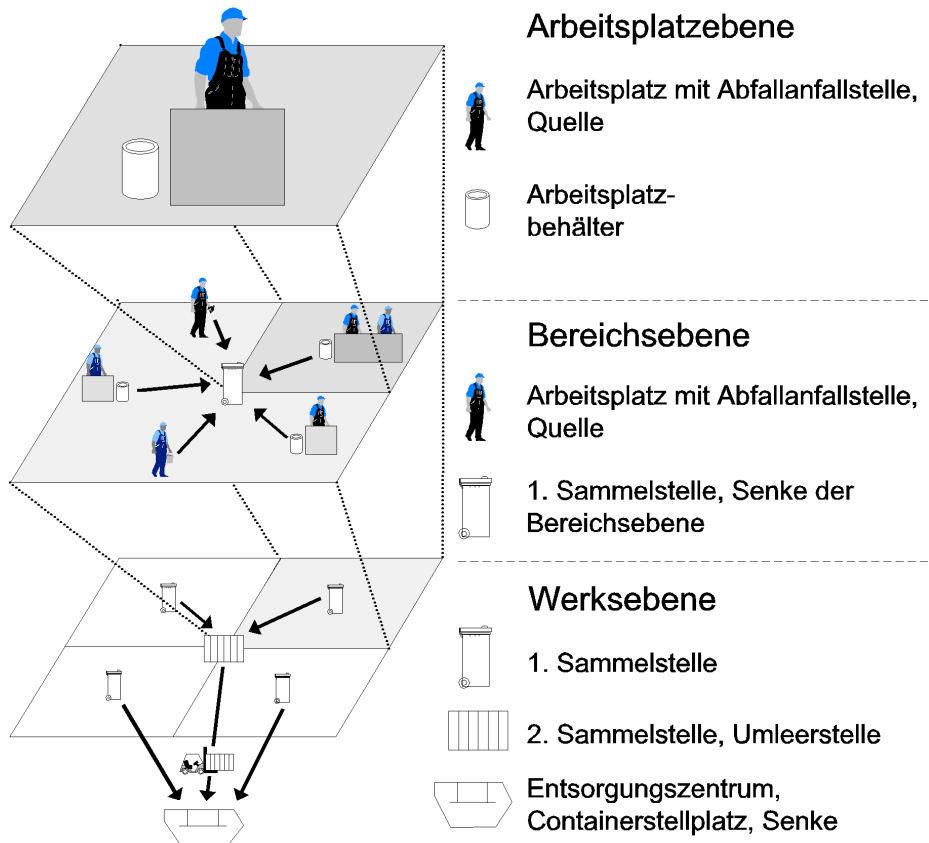


Bild 2.7: Ebenen der Industrieentsorgung, in Anlehnung an **VDI 4413**

Im folgenden sollen der Verantwortlichkeit in der industriellen Entsorgung – Sammlung auf Werksebene, Bereichsebene und Arbeitsplatzebene – die Begriffe der kommunalen Entsorgung gegenübergestellt werden, um die Unterschiede deutlich zu machen (vgl. Bild 2.8):

Der gängige Fall ist in der industriellen Entsorgung die Sammlung auf Werksebene (Bild 2.8 oben). Das Industrieunternehmen organisiert die innerbetriebliche Abfallsammlung und stellt an zentralen oder dezentralen Sammelstellen Behältnisse auf, an denen der Mitarbeiter des Entsorgungsunternehmens die Abfälle abholt. Die Schnittstelle der Verantwortlichkeit des Entsorgers und des Industrieunternehmens liegt demnach außerhalb der eigentlichen Produktion. Die zentralen Sammelstellen werden analog den Wertstoffhöfen, etc. von einer begrenzten Anzahl von Produktionsmitarbeitern genutzt. Analog zur kommunalen Entsorgung handelt es sich in diesem Fall um ein Bring-System, weil aus der Sicht des Industrieunternehmens die Produktionsmitarbeiter die Abfälle zu einer zentralen / dezentralen Sammelstelle bringen.

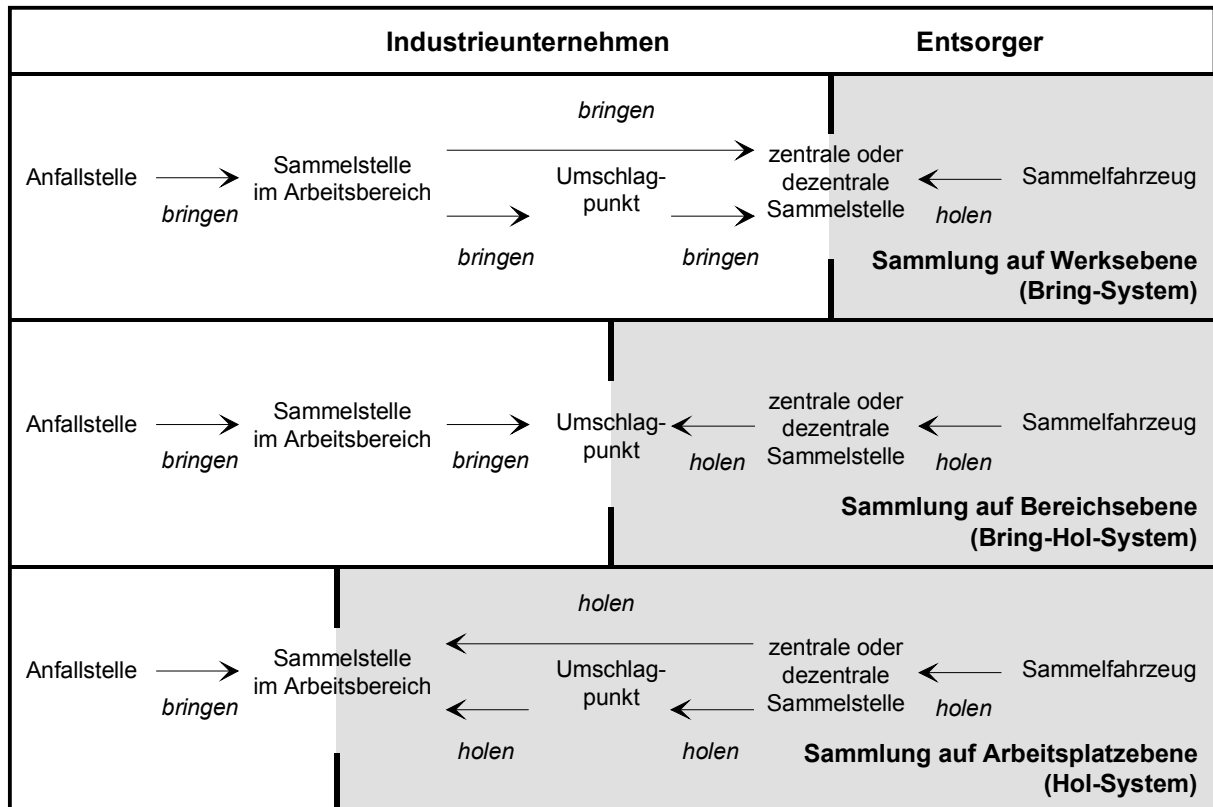


Bild 2.8: Verantwortlichkeit der Sammlung von Abfällen in Industrieunternehmen

Entsprechend verhält es sich bei der Sammlung auf Arbeitsebene (Bild 2.8 unten). Der Mitarbeiter des Entsorgungsunternehmens sammelt die Abfälle direkt im Arbeitsbereich, so dass die innerbetriebliche Entsorgung vollständig durch diesen externen Dienstleister übernommen wird⁵. Dieser Fall entspricht dem kommunalen Hol-System.

Falls die Entsorgung auf der Bereichsebene ab einem Umschlagpunkt einem Mitarbeiter des Entsorgungsunternehmens übergeben wird, so ist dieses Sammelprinzip als Kompromiss beider der oben genannten Prinzipien zu sehen (Bild 2.8 Mitte).

⁵ Sieht man davon ab, dass das Befüllen der Behälter in der Regel durch Produktionsmitarbeiter erfolgt.

2.2.2.3 Bereitstellungsverfahren

Die eigentliche Sammlung wird im kommunalen Bereich bestimmt durch die Bereitstellung und Abfuhr der Müllgroßbehälter (MGB). Die Befüllung der Behälter erfolgt ausschließlich durch die Bürger selbst, während das Bereitstellen der MGB beim full-service von den Müllwerkern übernommen wird. Im Vergleich dazu erfordert die Bereitstellung der Abfälle in Industrieunternehmen einen erheblich höheren Aufwand, dessen Ausprägung u. a. ganz wesentlich von der Größe des betrachteten Unternehmens abhängt.

Die zentrale oder dezentrale Zusammenführung der Behälter hat sich dabei als wesentliches Unterscheidungsmerkmal herausgestellt, **Wehking 2000**. Im folgenden sollen die Vorteile einer zentralen bzw. dezentralen Zusammenführung im einzelnen dargestellt und diskutiert werden (Bild 2.9).

Vorteile einer zentralen Bereitstellung	Vorteile einer dezentralen Bereitstellung
• Geringer Steuerungsaufwand bei der Abholung der Abfälle • Externe Fahrzeuge gelangen innerhalb des Werkes lediglich an einen Ort abseits der Produktion • Innerbetriebliche Senke der Abfälle ist eindeutig festgelegt • Stellfläche in produktionsnahen Bereichen ist nicht erforderlich • Auch bei geringem Abfallaufkommen können wirtschaftliche Einheiten erzeugt werden	• Innerbetrieblicher Transport wird minimiert • Der Aufwand für Transport und Organisation wird auf den Entsorger verlagert • Flexibler Transportmitteleinsatz durch kurze Transportwege • Umleeren der Abfälle in größere Gefäße kann entfallen • Kosten- und Mengenzuordnung zu den einzelnen Bereichen ist einfacher realisierbar • Durch Variation der innerbetrieblichen Senken hohe Flexibilität • Behälter verbleiben in den einzelnen Bereichen

Bild 2.9: Vorteile der zentralen und dezentralen Bereitstellung der Abfallbehälter

Ausschlaggebend für die Wahl einer zentralen oder dezentralen Bereitstellung der Abfallbehälter sind vor allem die unternehmensspezifischen Gegebenheiten und Restriktionen. Allgemein betrachtet lassen sich allerdings die folgenden Tendenzen erkennen:

- eine dezentrale Lösung macht vor allem bei großflächigen Werksarealen aufgrund der Minimierung des innerbetrieblichen Transportaufkommens Sinn,
- für zentrale Lösungen sprechen bei flächenmäßig kleinen Unternehmen die überwiegend geringen Abfallmengen oder die fehlenden Stellflächen.

Die Bereitstellungsverfahren lassen sich neben der räumlichen Komponente weiter unterteilen in zwei Untergruppen (Bild 2.10):

- Bereitstellung an Poolplätzen
- Umleerung in Wechselsysteme

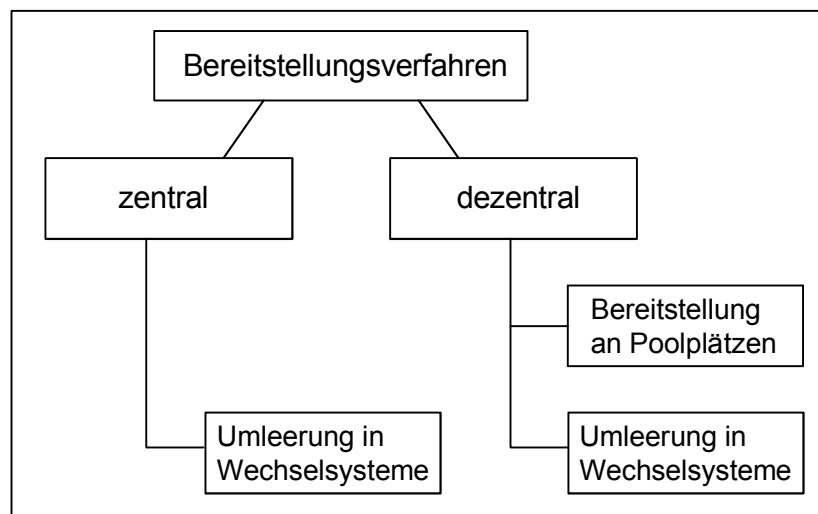


Bild 2.10: Bereitstellungsverfahren der innerbetrieblichen Entsorgung

Beim Poolplatzverfahren kommen keine Wechselsysteme zum Einsatz, sondern das innerbetriebliche Sammelsystem wird an Poolplätzen zur Umleerung durch das Abfallsammelfahrzeug bereitgestellt. Diese Poolplätze werden dabei im Werk dezentral angeordnet, eine zentrale Bereitstellung an Poolplätzen wäre theoretisch möglich, wird in der Praxis aber nicht durchgeführt, weil damit ein erheblicher Aufwand für das Zusammenführen der Behälter verbunden ist.

2.3 Förder-, Lager- und Umschlagtechnik

2.3.1 Behältersysteme

2.3.1.1 Umleersysteme

Diese Gefäße sind bei **Tabasaran 1994** und **Bilitewski 1994** systematisch dargestellt worden und fast ausschließlich genormt, **DIN EN 840**. Die kleineren Gefäße sind mit einem Kamm bzw. einer Diamond-Tasche ausgestattet, die größeren Gefäße werden aufgrund der größeren Last zentral an den Stirnseiten über Zapfen oder Taschen aufgenommen (vgl. Bild 2.11). Eine Ausnahme bildet der 1,1 m³ MGB, der z. T. alternativ an der Längsseite als auch an den beiden Stirnseiten aufgenommen werden kann. Er stellt somit den Übergang von den kleinen, leichten Gefäßen zu großen, schweren Gefäßen dar. Ein Bewegen dieser Behälter erfolgt in der Regel durch manuelles Schieben. Da die MGB's erst ab einer Größe von 80 l mit zwei Rollen ausgestattet sind, müssen die Gefäße mit einem Füllvolumen von 25 l bis 50 l getragen werden.

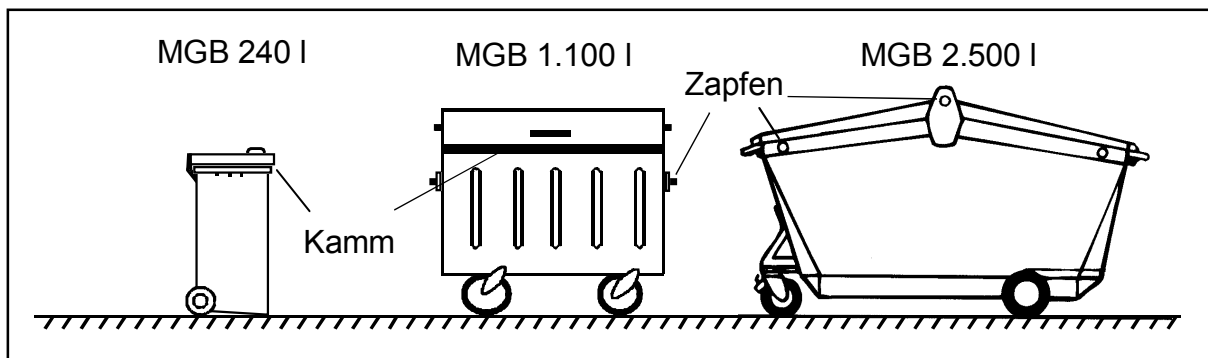


Bild 2.11: Gestaltungsbeispiele für Umleersysteme der kommunalen Abfallwirtschaft

Bei der Analyse in 11 Industrieunternehmen wurden erstmalig die vorhandenen Sammelsysteme systematisch aufgenommen, **Wehking 1997**. Beispiele für Sammelsysteme im Bereich der Industrieentsorgung zeigt Bild 2.12.

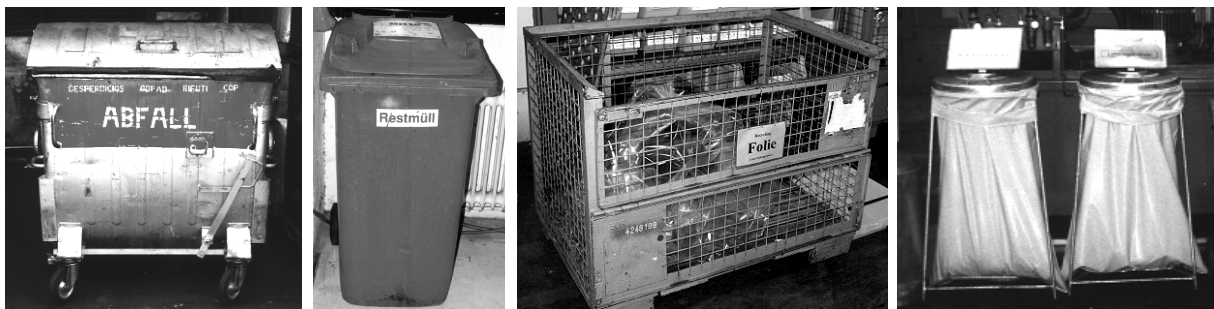


Bild 2.12: Beispiele für Sammelsysteme in Industrieunternehmen

Ein Ergebnis dieser Studie zeigte, dass auch in Industriebetrieben bis zu 65% Umleersysteme⁶ aus dem kommunalen Bereich zum Einsatz kommen (Bild 2.13).

Auffällig bei dieser Untersuchung ist ebenfalls, dass die Gruppe der Versorgungsbehälter (Gitterboxen, geschlossene Boxen, etc.) ca. 18% der Behälter (ohne Kleinbehälter) ausmachen und als Umleerbehälter genutzt werden, obwohl sie im Versorgungsbereich als Wechselbehälter eingesetzt werden und nur manuell bzw. durch den Einsatz von Drehgabelstaplern umzuleeren sind.

Der mit 65% hohe Anteil von Umleergefäßen im industriellen Bereich, die eigentlich für den kommunalen Bereich entwickelt worden sind, bedeutet aber auch, dass ein Großteil der eingesetzten Behälter nicht kompatibel zu den verwendeten Fördermitteln ist, und daher eine ausschließlich manuelle Handhabung unvermeidbar ist. Eine Handhabung der Behälter mit gängigen Fördermitteln, wie z. B. Gabelstapler, Rollenbahn oder FTF ist bei diesen Behältern der kommunalen Entsorgung nicht möglich.

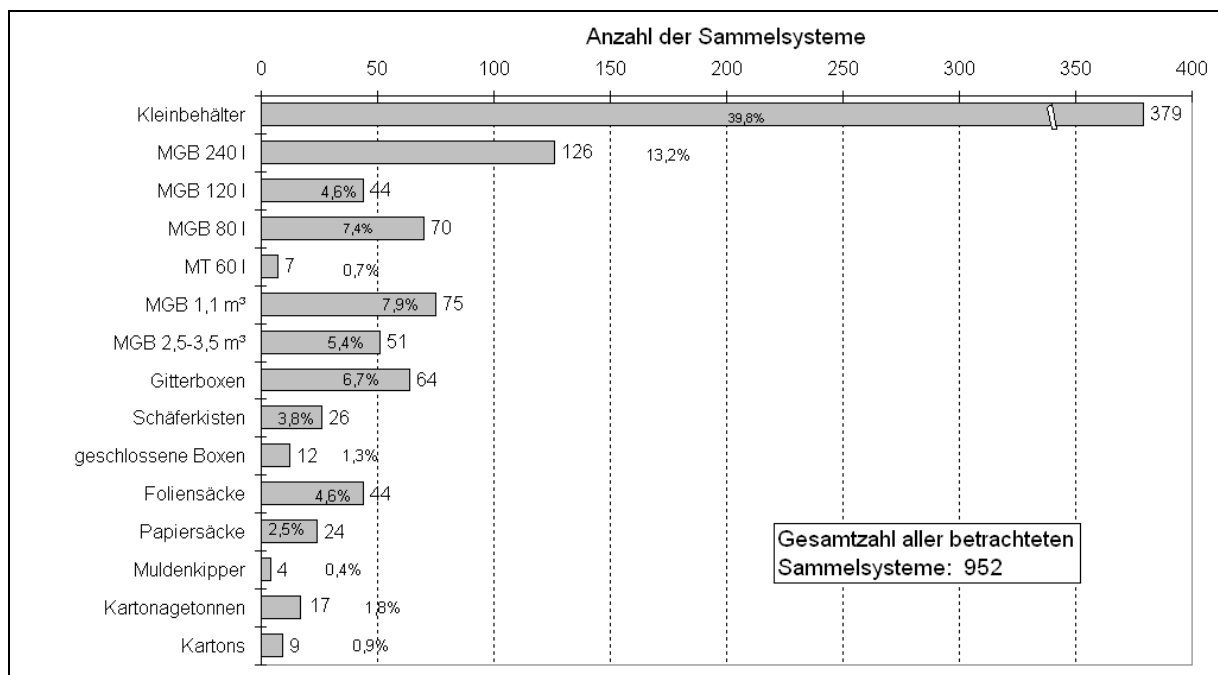


Bild 2.13: Sammelsysteme in Industrieunternehmen, **Wehking 1997**

⁶ In diesem Fall wurde die Anzahl der Kleinbehälter nicht berücksichtigt, weil diese für die im Rahmen der Arbeit betrachteten Sammelsysteme aufgrund der geringen Behältergröße von z. B. 5 l oder 10 l nicht von Bedeutung sind.

2.3.1.2 Wechselsysteme

Behältnisse für Wechselsysteme sind ebenfalls genormt (**DIN 30720, DIN 30722**) und lassen sich grundsätzlich unterscheiden in Behälter für Absetzkipperfahrzeuge, nachfolgend Absetzbehälter genannt, und Behälter für Abrollkipperfahrzeuge, nachfolgend Abrollbehälter genannt (Bild 2.14).

Absetzbehälter

Die Aufnahme der Gefäße erfolgt an vier Punkten über Kettensysteme, jeweils an den 2 Längsseiten des Behälters, symmetrisch zum Schwerpunkt des Gefäßes. Die Aufnahme ähnelt jener der großen Umleer-Behälter, wobei das Gefäß keine Drehung erfährt sondern waagrecht geführt auf dem Fahrzeug abgesetzt wird.

Abrollbehälter

Aufnahme des Behälters über einen Bügel an der Stirnseite des Gefäßes und einseitiges Anheben. Der Behälter wird auf das Fahrzeug gezogen und ist, um diese Bewegung zu ermöglichen, mit 4 Rollen ausgestattet. Durch die andere Kinematik des Aufnahmevorgangs können größere Lasten und somit größere Behälter (z. B. 20 m³) eingesetzt werden. Eine Variante stellen die Abgleitbehälter dar, bei denen im wesentlichen der Fahrzeugaufbau anders gestaltet ist und die Behälter sich durch zusätzliche Haken zur Befestigung des Seiltriebes auszeichnen.

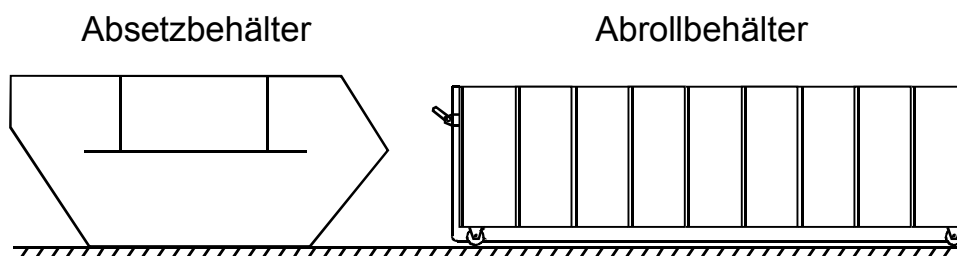


Bild 2.14: Gestaltungsbeispiele für Wechselsysteme

2.3.1.3 Einwegsysteme

Säcke aus Papier oder zumeist Kunststoff ersetzen die Behältertechnik. Während diese Systeme im kommunalen Bereich wenig verbreitet sind, haben Einwegsysteme in Industrieunternehmen eine größere Bedeutung. Die Unternehmen nutzen Säcke

beispielsweise zur Sammlung von Restmüll, Papier oder Folie, weil durch eine unterschiedliche Farbgebung eine relativ einfache Sammlung mehrerer Fraktionen in einer Tour möglich ist. Die hohen Handlingzeiten für das Wechseln und Bereitstellen der Säcke werden dabei in Kauf genommen.

Untersuchungen in Industriebetrieben haben gezeigt, **Wehking 2000**, dass diese drei Gruppen von Sammelsystemen – Umleersysteme, Wechselsysteme und Einwegsysteme – in unterschiedlicher Ausprägung in Industriebetrieben für die innerbetriebliche Sammlung der Abfälle zum Einsatz kommen (Bild 2.15). Für die untersuchten Fraktionen Restmüll, Folien und PPK (Pappe, Papier und Kartonage) wurde in den 20 Unternehmen ebenfalls deutlich, dass die in Bild 2.10 dargestellten Bereitstellungsverfahren in der Industrieentsorgung Anwendung finden (Bild 2.15).

Unternehmen	Vorwiegender Behältertyp in den Hallen	Vorwiegender Behältertyp außerhalb der Hallen	Bereitstellungsverfahren
1	3 m³ Boxen, Gitterboxen, 120 l Sackständer	1,1 m³ MGB	zentral, Poolplätze
2	Rungenpaletten	1,1 m³ MGB	zentral
3	Gitterboxen, Blechcontainer (1 m³)	-	zentral, dezentral
4	120 l Sackständer, Gitterboxen	-	zentral
5	Gitterboxen, MGB, Eigenbauten, BigBags	4,5 m³ MGB, 1,1 m³ MGB	zentral, dezentral
6	1 m³ Kippmulden	-	zentral
7	Kartonagen auf Paletten	-	zentral *
8	Mulden 0,8 m³ bis 7 m³	-	zentral, dezentral
9	120 l MGB, 2,5 m³ MGB	2,5 m³ MGB	zentral, dezentral, Poolplätze
10	120 l Sackständer, 1,1 m³ MGB	2,2 m³ MGB	zentral *
11	Kartonagen auf Paletten, 1,1 m³ MGB	-	zentral, dezentral
12	120 l MGB, 240 l MGB, 1,1 m³ MGB, Gitterboxen	-	zentral *
13	80 l MGB, 1 m³ Kippmulden	-	zentral
14	120 l Sackständer, Boxen	-	zentral, dezentral
15	Gitterboxen, Einwegsäcke	-	zentral
16	120 l MGB, 240 l MGB, 1,1 m³ MGB, Gitterboxen	1,1 m³ MGB firmeninternes Containersystem (7-14 m³)	zentral
17	1,1 m³ MGB 120 l Sackständer	-	zentral, dezentral
18	80 l - 240 l MGB	2,5 - 4,5 m³ MGB	zentral, Poolplätze
19	80 l - 240 l MGB Stahlbox (ca. 1 m³)	Mulden / Container 4 - 30 m³	zentral, dezentral
20	120 l Sackständer, Kippmulden	1,1 m³ MGB	zentral *

* 2 zentrale Sammelplätze im Werk vorhanden

Bild 2.15: Eingesetzte Sammelsysteme und Bereitstellungsverfahren in 20 betrachteten Unternehmen, in Anlehnung an **Wehking 2000**

2.3.2 Förder-, Transport- und Umschlagmittel

Aus der Vielzahl der einsetzbaren Fördermittel zur stetigen bzw. unstetigen Förderung von Schütt- oder Stückgütern sollen in diesem Kapitel diejenigen aufgezeigt werden, die für einen Einsatz in der Industrieentsorgung in Frage kommen.

In verschiedenen Quellen wurde die Fördertechnik oder besser die dort eingesetzten Fördermittel systematisiert, **DIN ISO 5053**, **DIN 15201**. Unterschieden wird zwischen Fördermitteln (werksinterner Einsatz) und außerbetrieblichen Transportmitteln (werksexterner Einsatz). **Wehking 1991** unterscheidet die Bereiche Mikrologistik, in dem Fördermittel zum Einsatz kommen, und Makrologistik, der den außerbetrieblichen Transportmitteln (Verkehrsmitteln) vorbehalten ist (vgl. Bild 2.16). In **DIN 30781 Teil 2** wird definiert, dass Transportmittel den Oberbegriff darstellen und diese sich untergliedern in innerbetriebliche Transportmittel (Fördermittel) und außerbetriebliche Transportmittel (Verkehrsmittel).

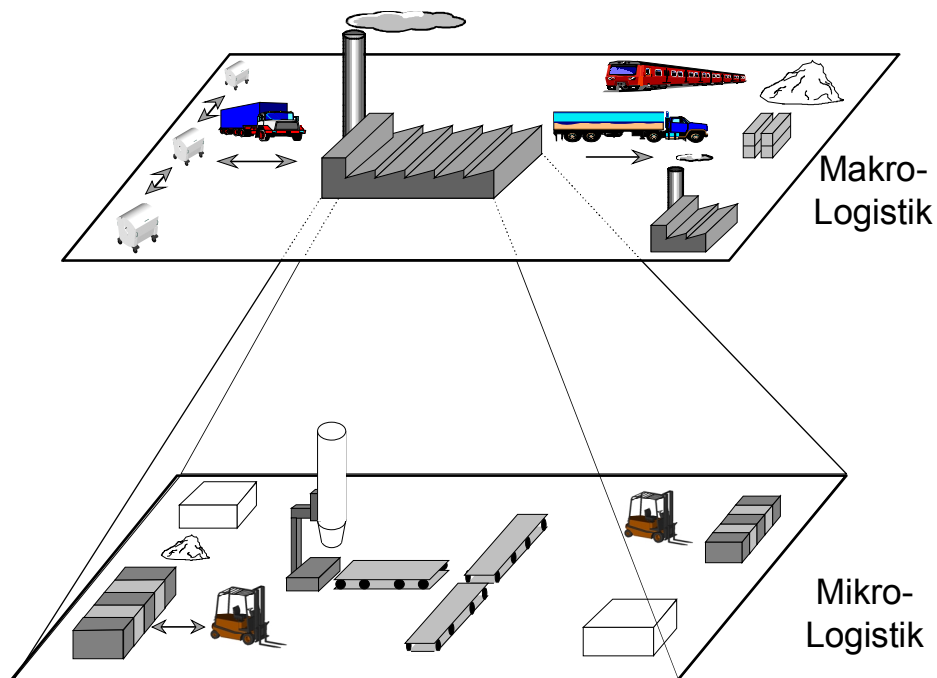


Bild 2.16: Einsatz von Fördermitteln und außerbetrieblichen Transportmitteln in Industrieunternehmen, in Anlehnung an **Wehking 1991**

Bezogen auf die Entsorgung gelangen außerbetriebliche Transportmittel nicht in die eigentliche Produktion, sondern fahren in der Regel an definierten Punkten auf dem Werksgelände Behälterstandplätze an, um die Abfälle einer Verwertung oder Beseitigung zuzuführen. **Stölzle 1993b** unterscheidet für den außerbetrieblichen Transport zwischen Sammel-, Nah- und Ferntransport. Der Sammeltransport steht für die Beförderungsvorgänge während der Sammlung von Abfällen und bildet daher die

Schnittstelle zu den innerbetrieblichen Fördermitteln. Der Nah- und Ferntransport hat keinen direkten Bezug zur Industrieentsorgung und wird daher nicht näher betrachtet.

2.3.2.1 Fördermittel

Scheffler 1994 teilt die Fördermittel ein in Stetigförderer, Unstetigförderer und Gewinnungsmaschinen⁷ und diese wiederum in einzelne Untergruppen. Eine ähnliche Einteilung nimmt **Jünemann 1989** vor. Die Fördermittel werden je nach Förderebene zwischen flurgebundenen, flurfreien und aufgeständerten Fördermitteln unterschieden.

Im folgenden sollen jene Fördermittel aufgezeigt werden, die heute in der Praxis der Industrieentsorgung zum Einsatz kommen. Hierzu zeigt Bild 2.17 zwei Beispiele gängiger Fördermittel für den internen Transport von Abfällen in Industriebetrieben.



1999, Normann Bock 1999

Unstetigförderer

Im Rahmen der Untersuchung der innerbetrieblichen Entsorgung von Industrieunternehmen wurde der Ist-Zustand der eingesetzten Fördermittel untersucht, **Wehking 1997**. Hierzu wurde aufgenommen, welche Behältnisse mit welchem Fördermittel zu den innerbetrieblichen Senken gefördert werden.

⁷ Gewinnungsmaschinen sind z. B. Radlader, die allerdings bei der Betrachtung der innerbetrieblichen Entsorgungslogistik keine Rolle spielen.

Insgesamt wurden zwar 45 % der 573 untersuchten Behälter durch Fördermittel zu den innerbetrieblichen Senken bewegt, diese Zahlen relativieren sich aber, wenn man die tatsächliche Handhabung der Behältnisse betrachtet (Bild 2.18). Nahezu 80 % der Behältnisse sind eigentlich nur manuell zu handhaben. Der Grund hierfür liegt in dem überwiegenden Einsatz von Müllgroßbehältern, die aus der kommunalen Entsorgung stammen und durch ihre Bauart nicht zu einem Gabelstapler oder anderen Fördermitteln kompatibel sind. Die Industrieunternehmen behelfen sich damit, die Behälter durch verschiedene Maßnahmen den Fördermitteln anzupassen:

- Anschweißen von Deichseln oder (Gabel-) Einfuhröffnungen an MGB, so dass diese von Schleppzügen bzw. Gabelstaplern transportiert werden können,
- MGB (120 l oder 240 l) werden in flache Gitterboxen gestellt und diese wiederum von Gabelstaplern aufgenommen,
- Handwagen kommen zum Einsatz, auf die MGB gestellt werden.

Art der Handhabung	Handhabung gemäß ursprünglicher Behälterbauart
manuell (inkl. Handwagen)	79,2 %
Gabelstapler	11,9 %
Fahrzeug mit Behälteranhänger	8,9 %

Bild 2.18: Handhabung der Behälter gemäß ursprünglicher Behälterbauart, **Wehking 1997**

Es handelt sich bei den betrachteten Fördermitteln ausschließlich um Flurförderzeuge. Als Fördermittel kommt in allen Unternehmen der Gabelstapler zum Einsatz. Der Einsatz von Schleppern, welche die Behältnisse als Zug zu den innerbetrieblichen Senken fördern, wurde in 2 Unternehmen, die in der Studie untersucht wurden, bevorzugt, **Wehking 1997**, da aufgrund des weitläufigen Betriebsgeländes ein Einzeltransport nicht sinnvoll und eine zentrale Bereitstellung der Abfälle Vorgabe war. Andere Fördermittel bilden eher die Ausnahme und werden nur für einen geringen Prozentsatz der Behälter genutzt.

Bei mehrgeschossigen Produktionsstätten werden zudem Aufzüge für die innerbetriebliche Entsorgung genutzt, da die Senke der Abfallsammelstellen ausschließlich im Erdgeschoss angesiedelt ist.

Stetigförderer

Bei bestimmten kontinuierlich anfallenden Stoffen, wie z. B. Spänen, kommt z. T. Stetigfördertechnik für die automatische Förderung der Abfälle und Befüllung der Behälter zum Einsatz. Im Idealfall kann auf den Einsatz weiterer Fördertechnik verzichtet werden.

Die hier betrachteten Abfallfraktionen fallen allerdings diskontinuierlich an. Ein Beispiel hierfür ist der Wareneingang, wo ladeeinheitenbezogen Verpackungsmaterialien (z. B. Pappe, Holz und Folien) anfallen. Diese werden in einzelnen Fraktionen zu Einheiten zusammengefasst. Ladungsträger sind die zuvor aufgezeigten Behältersysteme. Im Ist-Zustand werden für den weiteren innerbetrieblichen Transport dieser Ladeeinheiten ausschließlich Unstetigförderer bzw. Werker für manuellen Transport eingesetzt. Gründe dafür sind:

- relativ geringe Mengen rechtfertigen in der Regel Stetigförderer nicht, die ausschließlich für die Entsorgung genutzt werden,
- räumliche Gegebenheiten verhindern die Installation von Stetigförderern,
- vorhandene Stetigförderer haben meist andere Quellen oder Senken bzw. eine andere Förderrichtung,
- Unstetigförderer ermöglichen eine maximale Flexibilität.

Theoretisch möglich und durchaus denkbar ist die Nutzung vorhandener Stetigfördertechnik zur Förderung von Stückgütern (z. B. auf Rollenbahnen), also die diskret kontinuierliche Förderung der Abfälle. Diese Fördermittel können allerdings von den kommunalen Behältern nicht genutzt werden, da die Bodengruppe dieser Behälter im Gegensatz, z. B. zu einer Europalette der Versorgungslogistik, nicht kompatibel ist. Mit den heute in der Industrieentsorgung überwiegend genutzten Behältern, den MGB, ist somit eine Nutzung der Stetigförderer nicht möglich.

Neben den Behältersystemen sind Transport- und Umschlagmittel Teil der Entsorgungslogistik in Industrieunternehmen und für eine angestrebte Optimierung ebenfalls zu berücksichtigen (s. Kapitel 2.3.2.2 und 2.3.2.3).

2.3.2.2 Außerbetriebliche Transportmittel

Die Fahrzeuge, die außerhalb der Produktion eingesetzt werden, bilden in der Regel die Schnittstelle zum externen Entsorgungsunternehmen⁸. Sie sind innerhalb der entsorgungslogistischen Kette das letzte Bindeglied zwischen dem Produktionsunternehmen, also dem Abfallerzeuger, und dem Entsorgungsunternehmen, welches diese Abfälle einer Verwertung oder Beseitigung zuführt. Die eingesetzten außerbetrieblichen Transportmittel der Entsorger lassen sich in die folgenden Gruppen einteilen:

Fahrzeuge für Umleersysteme

Diese Fahrzeuge, bei denen das Behältnis vor Ort umgeleert wird, entstammen der kommunalen Entsorgungstechnik. Sie lassen sich je nach Ort der Aufnahme der Behälter am Fahrzeug in drei in Bild 2.19 dargestellte Systeme unterteilen und sind in **Tabasaran 1994**, **Bilitewski 1994** und **Schweitzer 1995** beschrieben.

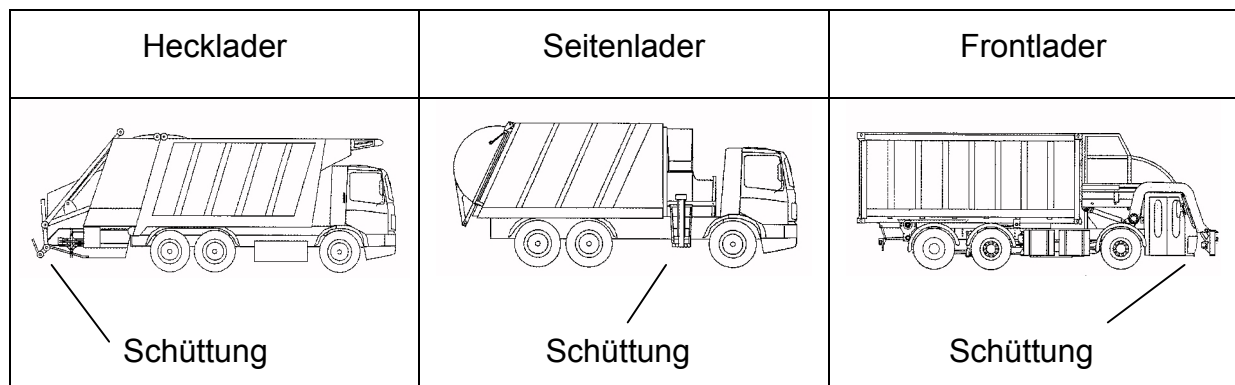


Bild 2.19: Fahrzeuge für Umleersysteme

Fahrzeuge für Wechselsysteme

Bei diesem Fahrzeugtyp werden die Abfallbehälter komplett aufgenommen und somit die Abfälle inkl. Behälter abgefahren und erst am Zielort entleert. Anschließend erfolgt der Rücktransport und das Aufstellen des leeren Behälters.

In den Aufbau der Abrollkipper, Abgleitkipper und der Absetzkipper ist eine Hubkippvorrichtung integriert, die dem Aufnehmen und Absetzen der Wechselbehälter dient. Eine eingehende Beschreibung der verschiedenen Systeme (vgl. Bild 2.20) ist bei **Tabasaran 1994** vorhanden.

⁸ Für den gängigen Fall, dass die Dienstleistung erst auf der Werksebene anfängt (vgl. Bild 2.8)

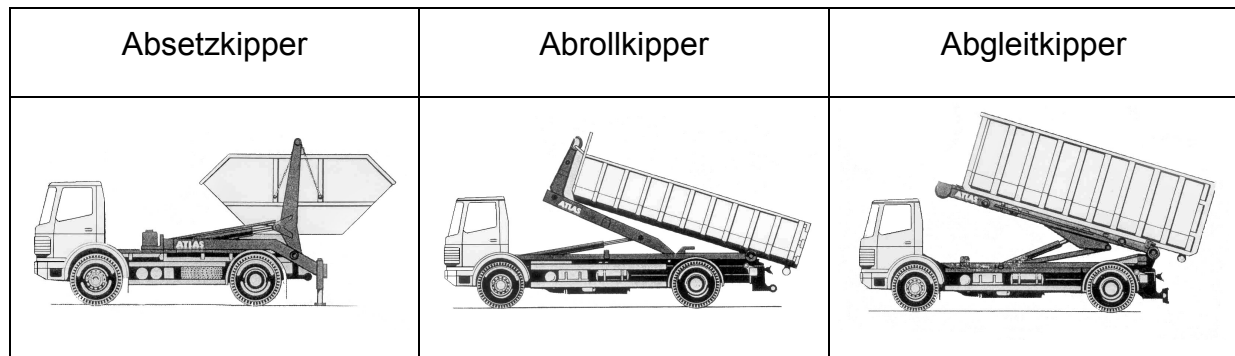


Bild 2.20: Fahrzeuge für Wechselsysteme, **Atlas Weyhausen 1994**

Ergänzt werden die Fahrzeuge für Wechselsysteme durch Pritschen-LKW, bei denen Abfälle auf Ladeeinheiten, z. B. Paletten, transportiert werden. Diese Ladeeinheiten können ebenfalls im Wechselverfahren zum Industrieunternehmen zurück gelangen. Pritschen-LKW verfügen in der Regel über keine zusätzliche technische Ausstattung. Gemeinsam ist diesen Fahrzeugtypen, dass keine Schüttung vorhanden ist, da kein Umleeren erfolgt.

Fahrzeuge für Einwegsysteme

Fahrzeuge für Einwegsysteme sind jene Fahrzeuge, bei denen eine systemlose Sammlung (z. B. Sperrmüll) bzw. eine Sammlung in Säcken erfolgt. Da in Industrieunternehmen zwar z. T. Abfälle in Säcken gesammelt werden, diese aber anschließend in Behältern zu Einheiten zusammengefasst werden, sind diese Fahrzeuge für die Industrieentsorgung von untergeordneter Bedeutung.

2.3.2.3 Umschlagmittel

In Anlehnung an die Einteilung von **Stölzle 1993b** soll unter Umschlagsystemen nicht nur der Umschlag an einer Umladestation verstanden werden, sondern es erfolgt eine Einteilung der Umschlagprozesse in Abhängigkeit des Umschlagortes. Die Schnittstelle zwischen intern und extern bildet dabei die Werksgrenze.

Ein zusätzliches Unterscheidungsmerkmal für ein Umschlagsystem ist die Aufnahmefähigkeit des Fördermittel bzw. außerbetrieblichen Transportmittels. Spezielle Umschlagmittel, z. B. Gabelstapler, werden benötigt, wenn sich passive Aufnahme- und Abgabefähigkeit bei einem Umschlag gegenüber stehen. Hub-/ Kippvorrichtungen oder Schüttungen stellen dagegen aktive Umschlagmittel dar.

a) Interner-interner Umschlag

Dieser Umschlagprozess findet innerhalb eines Industrieunternehmens statt, z. B. von der Arbeitsplatz- auf die Bereichsebene oder von der Bereichsebene auf die Werksebene. Es ist innerhalb der Transportkette Entsorgung zu unterscheiden in Umschlag von Schüttgütern (Abfällen) und Umschlag von Stückgütern (Behältern).

Umschlag von Schüttgütern

Neben dem manuellen Umleeren, z. B. eines 240 l Gefäßes in ein 1,1 m³ Gefäß oder dem Umschlag von Säcken, können für den Umschlag von Schüttgütern vier Arten unterschieden werden, **Wehking 1999**, wobei sich Hub-Kippvorrichtungen durch eine aktive Aufnahmefähigkeit auszeichnen und die anderen drei Arten bei passiver Aufnahme- bzw. Abgabefähigkeitfähigkeit des Fördermittel bzw. außerbetrieblichen Transportmittels zum Einsatz kommen:

- **Hub-Kippvorrichtungen:** Vor einem (Press-) Container wird eine solche Vorrichtung installiert, mit der ein Umleeren analog zu einem Müllsammelfahrzeug möglich ist. Dabei ist in der Regel die Hub-Kippvorrichtung stationär und der Container wechselbar ausgeführt. Eine solche Vorrichtung kann aber auch verfahrbar sein, so dass mehrere Container (mit mehreren Fraktionen) nacheinander befüllt werden können.
- **Drehgabelstapler:** Zusatzausstattung eines Gabelstaplers mit einer Dreheinrichtung. Die Behälter werden zur Entleerung um 180° gedreht. Hierzu sind Behälter erforderlich, die über einen Unterzug, z. B. ein zusätzliches Blech am Boden der Einfuhröffnung, verfügen.
- **Öffnen des Behälterbodens:** Bei diesen Klappbodenbehältern lässt sich der Boden durch entriegeln vom Gabelstapler aus öffnen.
- **Behälter als Selbstkipper:** Die Behälter werden vom Gabelstapler aus entriegelt und führen zum Entleeren eine selbsttätige Drehung über 90° durch, da sie außerhalb des Schwerpunktes aufgehängt sind.

Umschlag von Stückgütern

Im Sinne eines innerbetrieblichen Behälterpools werden die vollen Behälter gegen leere gewechselt. Der volle Behälter wird in einem anschließenden Prozess wiederum umgeschlagen (vgl. interner-externer Umschlag).

b) Interner-externer Umschlag

Der interne-externe Umschlag bildet die Schnittstelle zum außerbetrieblichen Transport und dabei erfolgt die Übergabe der Abfälle an einen externen Entsorger. Man unterscheidet entsprechend den zu entleerenden Behältersystemen folgende drei Arten, **Wehking 1999**:

Umschlag bei Umleersystemen

- **Kammschüttung:** Bei dieser Art der Schüttung ist der Aufnehmer kammförmig gestaltet. Der Behälter wird durch diesen Kamm aufgenommen und durch einen Niederhalter gegen Herunterfallen gesichert (s. Bild 2.21).
- **Diamondschüttung:** Von der Fa. Edelhoff entwickeltes System, das besonders geeignet ist zur voll- bzw. teilautomatischen Aufnahme von Behältern, **Tabasaran 1994**. Der Vorteil ist die Selbstzentrierung des trapezförmigen Aufnehmers, der etwaige Positionierungsungenauigkeiten ausgleichen kann (s. Bild 2.21).
- **Umleerschüttung bis 1,1 m³:** Da die Behälter MGB 660 I bis 1,1 m³ mit seitlich angebrachten Zapfen ausgestattet sind, ist die Entleerung über eine entsprechende Vorrichtung für die Zapfenaufnahme möglich (s. Bild 2.21).
- **Kombination von Kamm- und Umleerschüttung:** Bei zusätzlicher Ausstattung der Kammschüttung mit Klapparmen für eine Zapfenaufnahme ist diese Kombination möglich.
- **Umleerschüttung bis 5 m³:** Große Umleerbehälter werden über eine Kette aufgenommen und in die Ladewanne umgeleert.
- **Frontlader-Schüttung:** Für Behältergrößen von 1,1 m³ bis 5 m³ setzen sich zunehmend Frontlader durch, welche die Behälter über Greifer aufnehmen, die in entsprechende Taschen an den Behältern eingeführt werden.

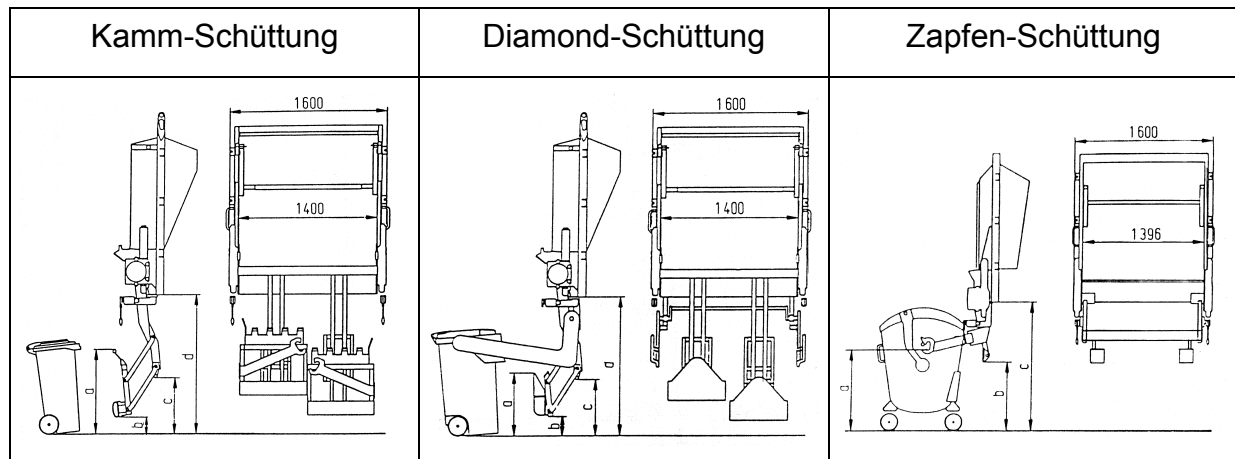


Bild 2.21: Beispiele für Behälter-Schüttungen, **Tabasaran 1994**

Umschlag bei Wechselsystemen

- **Absetz- bzw. Abrollbehälter:** Der Umschlag erfolgt durch rückwärtiges Anfahren dieser Behälter und Aufnahme durch die fahrzeugeigene, hydraulisch betätigte Zusatzausstattung.
- **Sonstige Wechselsysteme:** Es erfolgt ein Wechseln der gesamten Ladeinheit, z. B. auf Pritschen-LKW, mit anschließendem Umleeren, z. B. an der Verwertungsanlage. Der Umschlag erfolgt analog zur Versorgungslogistik in der Regel durch Gabelstapler. Dies setzt voraus, dass die Gefäße zu den Förder- und Transportmitteln kompatibel sind. Es sind aber auch alternative Techniken des Umschlags möglich, **VDI 4420**.

Umschlag bei Einwegsyste men

- **Universalschüttung:** Die bei der Sperrmüllsamm lung bzw. Sackabfuhr eingesetzte Universalschüttung ist nicht mit den oben genannten Schüttungen vergleichbar, da der Umschlag lediglich in die offene Ladewanne erfolgt.

c) Externer-externer Umschlag

Unter diese Gruppe fällt der Wechsel des Transportmittels an einer Umladestation mit anschließendem Ferntransport. Das Sammelfahrzeug übergibt die Abfälle in einen Sammelbunker und anschließend erfolgt die Konfektionierung der Abfälle zu größeren Einheiten. Im Rahmen dieser Arbeit wird dieser Umschlagprozess nicht näher betrachtet, da der externe-externe Umschlag für die Entsorgungslogistik der Industrieunternehmen nicht von Bedeutung ist, sondern die externe Logistik des Entsorgers bzw. Transporteurs beeinflusst.