

**Quantitative Kriterien zur
Verpackungsvermeidung – eine
Alternative zur europäischen Norm EN
13428**

Korneuburg, im Oktober 2004

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einführung	1
2 Norm: EN 13428: 2004	1
2.1 Kritische Betrachtung der Norm	2
2.2 Verbesserungsvorschläge zur bestehenden Norm	3
3 Alternativvorschlag zur Norm	5
3.1 Verhältnis von Verpackungsoberfläche zum Produktvolumen und einzuhaltender Schwellenwert	5
3.1.1 Abgrenzungen zwischen Produkt und Verpackung	6
3.1.2 Berechnung der Verpackungs-Oberfläche	7
3.1.3 Berechnung des Produkt-Volumens	8
3.2 Ausnahmeregelungen	10
3.2.1 Verpackungsoberfläche = 150 cm ²	10
3.2.2 Individueller Schwellenwert für sehr flache und / oder sehr lange Produkte	11
3.3 Zusammenfassung	13
Anhang A: Beispiele	15
Anhang B: Abgrenzung Produkt – Verpackung	22
Anhang C: Berechnung der Verpackungsoberfläche	23
Anhang D: Berechnung des Produktvolumens	28
Anhang E: Ausnahmeregelungen	30

1 EINFÜHRUNG

Ziel der vorliegenden Studie ist es, die europäische Norm EN 13428:2004 "Packaging – Requirements specific to manufacturing and composition, Prevention by source reduction" kritisch zu analysieren und um überprüfbare quantitative Kriterien zur Verpackungsvermeidung zu ergänzen.

Bereits im Jahr 1999 wurde im Rahmen einer vom österreichischen Umweltministerium finanzierten Studie die Unzulänglichkeit des damaligen Normentwurfes festgestellt und ein alternatives Modell erarbeitet. Dieses wurde nun weiterentwickelt und durch Bewertung zahlreicher Verpackungen von Produkten aus mehreren Bereichen auf Praxistauglichkeit überprüft.

Im Folgenden werden die gültige Norm und ihre Schwächen beschrieben. Dabei werden nur die Aspekte der Minimierung des Gewichtes bzw. des Volumens von Verpackungen betrachtet. Die Behandlung von chemischen Substanzen bleibt unberücksichtigt. Der anschließende Alternativvorschlag wird um mehrere Anhänge ergänzt, welche das Verfahren erläutern und illustrieren. Zusätzlich wurde in einem separaten Dokument eine Fotodokumentation gestaltet, die rund 60 Produkte aus mehreren europäischen Ländern beinhaltet. Es wurde gezeigt, dass die vorgeschlagene Methode gute Ergebnisse liefert und dass die Einführung quantitativer Beschränkungen für Verpackungen möglich und sinnvoll ist.

2 NORM: EN 13428: 2004

Die Norm **EN 13428:2004 „Verpackung – Spezifische Anforderungen an die Herstellung und Zusammensetzung / Ressourcenschonung und Verpackungsminimierung“** regelt Maßnahmen zur möglichst sparsamen Verwendung von Verpackungsmaterialien. Sie ist im Rahmen der EN 13427 gemeinsam mit vier anderen Normen anzuwenden.

Die Norm baut auf einem Assessment auf und gibt Anleitungen für dessen Durchführung. Grundsätzlich ist die Vorgangsweise ähnlich den Normengruppen EN ISO 9000 und EN ISO 14000.

Der Inverkehrsetzer soll in der Lage sein darzustellen, dass die an die Verpackung gestellten Kriterien mit einem Minimum an Verpackungsmasse bzw. Verpackungsvolumen erfüllt werden. Dies unter Berücksichtigung von

- Funktionalität in der gesamten Distributionskette
- Sicherheit und Hygiene für Produkt und Verbraucher/Nutzer
- Akzeptanz beim Verbraucher/Nutzer

„Ressourcenschonung durch Verpackungsminimierung“ wird folgendermaßen definiert:

Verfahren zur Erzielung eines angemessenen Mindestgewichts und/oder Mindestvolumens bei identischen Anforderungen für Primär- und/oder Sekundär- und/oder Tertiärverpackungen bei unveränderten und/oder angemessenen Leistungsprofilen und Verbraucherakzeptanz und gleichzeitiger Minimierung des Einflusses auf die Umwelt.

An grundsätzlich gleichrangigen Leistungskriterien an Verpackungen werden genannt:

- *Produktschutz,*
- *Herstellungsverfahren für Verpackungen,*
- *Abpack-/Abfüllprozess,*
- *Logistik (einschließlich Transport, Lagerhaltung und Handhabung),*
- *Produktpräsentation und Marketing,*
- *Akzeptanz durch den Verbraucher/Nutzer,*
- *Angabe von Informationen,*
- *Sicherheit,*
- *Gesetzgebung,*
- *weitere Sachverhalte.*

Das Assessment sieht vor, dass für jedes relevante Kriterium angegeben wird, ob dieses einen so genannten „kritischen Bereich“ darstellt, d.h. dass aufgrund dieses Kriteriums keine Verringerung der Verpackungsmasse / des Verpackungsvolumens möglich ist. Wird kein kritischer Bereich bestimmt, dann wird davon ausgegangen, dass noch Potentiale zur Verringerung der Verpackung vorhanden sind.

Die Prioritätenreihung der Leistungskriterien sowie die Einstufung als „kritischer Bereich“ erfolgt durch den jeweiligen Inverkehrsetzer.

2.1 Kritische Betrachtung der Norm

Die Norm ist insofern kritisch zu betrachten, als viele Kriterien (z.B.: Produktpräsentation und Marketing, Herstellungsverfahren für Verpackungen) die von einem Inverkehrsetzer als Aufgaben der Verpackung gestellt werden, Vorrang vor der Verringerung der Verpackungsmasse / des Verpackungsvolumen haben.

Der Vorgang des Assessments sieht vor, dass dann, wenn alle – auch subjektiv gestellten – Anforderungen an die Verpackung erfüllt sind, nachgefragt wird, ob

die Summe der Anforderungen auch mit geringerem Ressourcenverbrauch erreicht hätte werden können.

Die von den Inverkehrsetzern primär geäußerten Anforderungen an die Verpackung werden in keiner Weise in Frage gestellt.

Die Norm EN 13428:2004 geht davon aus, dass erst nachdem alle (mehr oder weniger wichtigen und z.T. auch subjektiven) Kriterien des Abpackers erfüllt sind, ein kurzes Augenmerk auf die Verpackungsmasse / das Verpackungsvolumen gelenkt wird. In der Prioritätenfolge rangiert die Ressourcenschonung daher hinter allen anderen (auch subjektiven) Anforderungskriterien.

So werden z.B. auch die Kriterien Marketing und Produktpräsentation vor die Ressourcenschonung gereiht. Es wäre z.B. auch möglich, Mogelpackungen durch eine Betonung der subjektiven Wichtigkeit der Produktpräsentation normenkonform in Verkehr zu setzen.

Die Beschreibung der Leistungskriterien befinden sich im informativen Anhang, sollten aber normativ sein und daher mit in den normativen Teil der Norm aufgenommen werden.

Die von den Normenreihen EN ISO 9000 ff und EN ISO 14000 übernommenen Vorgangsweisen sind nicht geeignet, überprüfbare Resultate zur Verpackungsminimierung zu erzielen. Diese Normenreihen wurden entwickelt, um Verfahrensabläufe zu dokumentieren gegebenenfalls Schwachstellen in Abläufen zu erkennen. Im gegenständlichen Fall ist es jedoch weniger wichtig, gemäß welchem Ablauf eine Verpackung entwickelt wurde, sondern überprüfbar zu machen, wieweit eine Verpackung den Vorgaben der EU-Verpackungsrichtlinie nach möglichst geringem Materialaufwand entspricht.

2.2 Verbesserungsvorschläge zur bestehenden Norm

Im Alternativvorschlag wird zum bereits bestehenden Assessment zusätzlich ein Grenzwert für das Verhältnis zwischen Verpackungsoberfläche und Produktvolumen eingeführt. Dieser Grenzwert kann nur in besonders begründeten Fällen überschritten werden.

Verpackungen werden für die vielfältigsten Bereiche eingesetzt. Diese Vielfalt ist weder vollständig vorhersehbar noch detailliert regelbar. Aus diesem Grund wird das Assessment-Verfahren trotz aller Schwächen beibehalten. Es wird jedoch durch einen messbaren und überprüfbaren Schwellenwert ergänzt.

Der Schwellenwert ist derart bemessen, dass die weitaus überwiegende Zahl an Verpackungen unterhalb liegt und daher mit dem Assessment-Verfahren das Auslangen gefunden wird.

Aufgabe des Schwellenwertes ist es, eine objektive Beurteilung zu ermöglichen, ob eine Verpackung übertrieben ist. Mit entsprechender technisch-sachlicher Begründung kann der Schwellenwert auch überschritten werden. Dies ist in folgenden Fällen nicht auszuschließen bzw. möglicherweise sogar erforderlich:

- Produkte mit besonderen Schutzerfordernissen (z.B. heikle Elektronikgeräte, Glasartikel, gefährliche Stoffe)
- Wenn die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften anders nicht möglich wäre
- Wenn die Sicherheit der Verbraucher und Transporteure nicht anders gewährleistet werden könnte

Darüber hinaus wird durch die Berechnung eines individuellen Schwellenwertes auch Rücksicht auf besondere geometrische Formen von zu verpackenden Gütern Rücksicht genommen. Bei flächigen Produkten mit sehr geringen Volumina (z.B. einzelne Blätter Papier) und sehr langen Produkten (z.B.: Vorhangstangen) ist es nicht möglich den vorgegebenen Schwellenwert einzuhalten. Für diese Fälle sind entsprechende Ausnahmen vorgesehen. Auch bei extrem kleinen Produkten wird eine Mindestfläche für Informationen und für die Handhabbarkeit der Produkte vor allem für den Verkauf in Selbstbedienungsläden zugelassen.

Ab dem vorgegebenen Schwellenwert fällt daher die Möglichkeit der subjektiven Beurteilungen weitgehend weg. Es gelten nur die rechtlichen und technischen Anforderungskriterien. Verpackungen sind über diesen Schwellenwert hinaus nur dann konform mit der Norm, wenn der Schutz des Inhaltes anders nicht erreichbar wäre, wenn die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften anders nicht möglich wäre bzw. wenn die Sicherheit nicht anders gewährleistet werden könnte.

3 ALTERNATIVVORSCHLAG ZUR NORM¹

Der Alternativvorschlag besteht aus der bestehenden Norm und wird um die folgenden Ausführungen ergänzt:

3.1 Verhältnis von Verpackungsoberfläche zum Produktvolumen und einzuhaltender Schwellenwert

Das Verhältnis von der Verpackungsoberfläche zum Volumen des Inhaltes wird laut Formel (1) berechnet:

$$\text{Faktor (1)} = \frac{\sqrt[2]{\text{Oberfläche der Verpackung [cm}^2\text{]}}}{\sqrt[3]{\text{Volumen des verpackten Gutes [cm}^3\text{]}}} \quad \text{Formel (1)}$$

Der Schwellenwert für Faktor (1) beträgt 3,2.

$$\text{Faktor (1)} = 3,2$$

Die Berechnung der Verpackungs-Oberfläche wird im Kapitel 3.1.2, die Berechnung des Produkt-Volumens ist im Kapitel 3.1.3 beschrieben.

Für alle durchzuführenden Messungen und Berechnungen gilt:
Abmessungen sind auf 0,1 cm genau vorzunehmen. Als Mindestabmessung für die Volumenberechnung bei sehr flachen Gegenständen wird 0,1 cm angenommen. Berechnungen sind auf 2 Dezimalstellen genau durchzuführen.

Eine einfache Verhältniszahl zwischen Volumen der verpackten Ware und Außenvolumen der Verpackung würde den geometrischen Verhältnissen nicht Rechnung tragen. Mit der gewählten Formel wird somit sichergestellt, dass eine Anwendung auf fast alle Verpackungsgrößen gleichermaßen möglich ist. Für einige wenige Produktformen sind Ausnahmen notwendig und auch vorgesehen (siehe 3.2).

Das folgende Beispiel zeigt, wie sich mit unterschiedlichen Packungsgrößen bei gleichen Proportionen das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen verändert. Mit der vorgeschlagenen Formel wird bei gleichen Proportionen immer dasselbe Ergebnis erzielt, unabhängig davon, wie groß die Verpackung ist. Damit wird ein breiter und von der Packungsgröße unabhängiger Einsatzbereich gewährleistet.

¹ Die klein und kursiv geschriebenen Textteile sind Erläuterungen zu den für einen Normentwurf vorgesehenen Text.

Beispiel:	Produkt 1	Produkt 2
Abmessungen der Verpackung L * B * H	10 cm * 10 cm * 8 cm	50 cm * 50 cm * 40 cm
Oberfläche der Verpackung	520 cm ²	13.000 cm ²
Volumen der Verpackung	800 cm ³	100.000 cm ³
Abmessungen des verpackten Gutes L * B * H	8 cm * 8 cm * 6 cm	40 cm * 40 cm * 30 cm
Volumen des verpackten Gutes	384 cm ³	48.000 cm ³
Verhältnis Oberfläche / Volumen	1,35	0,27
Faktor (1) gemäß Formel (1)	3,137	3,137

Beispiele zeigen (siehe **Anhang A: Beispiele**), dass der gewählte Schwellenwert von 3,2 für das Verhältnis von Oberfläche der Verpackung zu Volumen des Inhaltes von einem weiten Feld an Produkten eingehalten wird.

Für Spezialfälle, in denen ein besonderer Schutz des Inhaltes erforderlich ist, ist das Erfordernis des Mehr an Verpackung im Einzelfall detailliert zu argumentieren.

Das Ziel für die Festlegung des Schwellenwertes ist besonders aufwendige und (aus technischer Sicht) unsinnig große Verpackungen (mit großen Leerräumen) zu vermeiden. Weiters sollen günstige geometrische Formen gefördert werden (z.B. Becher statt flachen Schalen).

Durch die gewählte Formel werden Formen gefördert, die eine möglichst geringe Oberfläche haben und somit auch eine sparsame Verwendung von Packstoffmassen ermöglichen.

Mit einem Verhältnis der Volumina von Verpackung und verpacktem Gut könnten diese Effekte nicht erzielt werden. Weiters würden bei Anwendung des Verpackungsvolumens als Vergleichswert alle jene Verpackungsteile nicht mit betrachtet, die kein Volumen einschließen. Das sind z.B. Kartorrückseiten von Blisterverpackungen sowie Falze, Bördel u.ä.

3.1.1 Abgrenzungen zwischen Produkt und Verpackung

Für die Berechnung des Faktor (1) müssen folgende Abgrenzungen berücksichtigt werden:

- Alle mit dem Hauptprodukt verpackten Nebenartikel (z.B.: Handbücher, Ersatzteile) zählen zum Produkt und sind in die Berechnung des Produktvolumens einzubeziehen.
- Für die Anwendung des Produktes notwendige Bestandteile (z.B.: Dosiervorrichtungen, Gewürzmühlen, Wimperntuschepinsel) werden zum Produkt gerechnet.

- Im Falle von *Zweitverpackungen² oder Umverpackungen* ist die Summe der Einzelvolumina aller *Erstverpackungen oder Verkaufsverpackungen* maßgebend.
- Im Falle von *Drittverpackungen oder Transportverpackungen* ist die Summe der Einzelvolumina aller *Zweitverpackungen oder Umverpackungen* maßgebend.

Beispiele für Abgrenzungen sind im **Anhang B: Abgrenzung Produkt – Verpackung** angeführt.

3.1.2 Berechnung der Verpackungs-Oberfläche

Bei der Berechnung der Verpackungsoberfläche ist die Oberfläche der äußersten Verpackung des Produktes heranzuziehen und möglichst exakt zu berechnen. Da Verpackungen in den meisten Fällen geometrischen Körpern (z.B.: Quader, Zylinder) entsprechen, ist eine genaue Berechnung leicht möglich.

Bei komplizierten geometrischen Formen wird die gesamte Oberfläche in einfache geometrische Formen zerlegt, die Einzelflächen berechnet und addiert. Dabei können Abrundungen, kleine Stufen, Oberflächenunebenheiten (z.B.: Noppen, Wellen), durch Umschreibung mittels geometrischer Formen angenähert werden.

Sollten Zweifel über die Einhaltung des vorgeschriebenen Schwellenwertes durch eine Vereinfachung der Oberfläche bestehen, so ist die exakte Oberfläche zu bestimmen.

Bei **Verpackungen mit Öffnungen** werden folgende 2 Fälle unterschieden:

1. Hinter der Öffnung befindet sich nur das Produkt:
Befindet sich hinter der Öffnung ausschließlich das Produkt, dann wird die Fläche des Fensters nicht in die Berechnung der Verpackungs-Oberfläche einbezogen.
2. Hinter der Öffnung befindet sich eine weitere Verpackung:
Befindet sich hinter der Öffnung eine weitere Verpackung des Produktes (z.B.: Flasche mit Flüssigkeit), dann wird die Fensterfläche in die Berechnung der Oberfläche einbezogen. Die Fläche der dahinter liegenden Verpackung geht in die Berechnung nicht ein.

Berechnung von zweidimensionalen Verpackungsteilen:

Bei Verpackungsteilen, die kein Volumen einschließen (z.B.: Karton bei Blisterverpackungen, Bördel, Falze, u.a.), wird nur die einfache Oberfläche (nicht Vorder- und Rückseite) für die Berechnung der Oberfläche herangezogen.

² Die Definitionen von Erst-, Zweit- und Drittverpackungen sind der Verpackungsrichtlinie: „Richtlinie 94/62/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Dezember 1994 über Verpackungen und Verpackungsabfälle“ zu entnehmen.

Beispiele für die Berechnung der Oberfläche und der Sonderregelungen sind im **Anhang C: Berechnung der Verpackungsoberfläche** angeführt.

3.1.3 Berechnung des Produkt-Volumens

Bei der Volumenberechnung muss in Stück- und Schüttgut unterschieden werden.

Die Zuordnung zu Stück- od. Schüttgut erfolgt immer auf Basis des Produktes im Zustand des Verkaufes (z.B.: geschüttet, geordnet, Puzzlespiel in zerlegter Form, Bausatz aus Einzelteilen und nicht zusammengesetzt).

Abgrenzung Stück- zu Schüttgut:

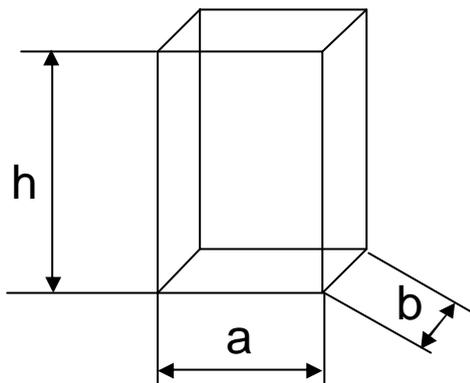
- Nicht zählbare Produkte bzw. Produkte, die keine feste Form besitzen, wie Pulver, Granulate, Pasten oder Flüssigkeiten werden als Schüttgut betrachtet.
- Mehrere gleiche oder ähnliche Teile (z.B.: Kartoffelchips, Zuckerl, Bausteine, Schrauben und Muttern), die nicht stückmäßig auf der Verpackung angegeben sind und nicht geordnet abgepackt sind, werden als Schüttgut betrachtet.
- Ein Einzelstück bzw. mehrere abgezählte gleiche Teile (z.B.: Schrauben, Confiserie) gelten bis 19 Stück als Stückgut. Ab 20 Stück entscheidet die Anordnung in der Verpackung. Bei geordneter Anordnung werden die Einzelteile als Stückgut, bei lose geschütteter Anordnung als Schüttgut betrachtet.
- Mehrere verschiedene einzelne Stücke (z.B.: bei Spielsachen: Puppenbekleidung) werden immer nach der Anordnung in der Verpackung bewertet. Bei geordneter Anordnung werden die Einzelteile als Stückgut, bei lose geschütteter Anordnung als Schüttgut betrachtet.

3.1.3.1 Stückgut

Das Volumen des Inhaltes wird bei Stückgütern derart bestimmt, dass die äußeren Kanten bzw. Ecken des Einzelteiles für die Volumenbestimmung herangezogen werden. Diese Punkte sind mit dem kleinstmöglichen Quader zu umhüllen und das Volumen dieses Körpers ist für die Bestimmung des Produktvolumens heranzuziehen.

Vorgegebene geometrische Körper für Volumenberechnung:

- Quader mit rechteckiger Grundfläche



Quader
 mit rechteckiger Grundfläche

$$\text{Volumen } V = a \times b \times h$$

$$\text{Oberfläche } O = 2 \times (a \times b + b \times h + a \times h)$$

Abb. 1: Geometrischer Körper zur Volumenbestimmung

Es ist jener Quader auszuwählen, bei dem sich der kleinste Wert für das Volumen errechnet.

Bei mehreren Einzelteilen ist das Volumen jedes Teiles auf diese Art zu bestimmen und für das Gesamtvolumen zusammenzurechnen.

Hohlräume im Produkt selbst oder Hohlräume die sich aufgrund der Umschreibung mit dem Quader ergeben zählen auch zum Produktvolumen. Das Volumen einer Kabelrolle wird zum Beispiel aufgrund des Quaders, der die Außenabmessungen der Rolle umfasst, unabhängig vom Leerraum in der Mitte der Rolle, ermittelt.

*Beispiele für die Berechnung des Produktvolumens sind in **Anhang D: Berechnung des Produktvolumens** angeführt.*

3.1.3.2 Schüttgut

Zur Ermittlung des Produktvolumens bei Pulver, Granulaten etc. können die in den speziellen Normen zur Bestimmung von Schüttdichten beschriebenen Verfahren herangezogen werden. Dabei wird die Schüttdichte bzw. das Volumen immer nach losem Einschütten unter definierten Bedingungen ermittelt (siehe u.a.: ÖNORM A 5561 Bestimmung der Schütt- und Rütteldichte von Pulvern und Granulaten, ISO 697 Tenside – Waschpulver – Bestimmung der Schüttdichte, EN ISO 60 Kunststoffe – Bestimmung der scheinbaren Dichte von Formmassen, die durch einen genormten Trichter abfließen können). Die Messung muss sich auf die Schüttdichte direkt nach der Befüllung im Werk beziehen.

Bei größeren Teilen, die als Schüttgut gemessen werden (z.B. Schrauben, Puzzleteile, Zuckerl) sollte ebenfalls die Schüttdichte in Anlehnung an die oben genannten Normen ermittelt werden und für die Berechnung des Volumens herangezogen werden.

3.1.3.3 Regelung für geordnet abgepackte Schüttgüter

Werden mehrere Einzelteile nicht lose geschüttet sondern angeordnet abgepackt (z.B.: Spaghetti, Düngestäbchen), so ist zur Volumenbestimmung nicht die Schüttdichte, sondern, der kleinste Quader, der alle Einzelteile bei optimaler Anordnung (= kleinste Gesamtoberfläche des umschriebenen Körpers) umfasst, heranzuziehen.

3.1.3.4 Produkte ohne feste Körperform

Bei Flüssigkeiten, Pasten und anderen Körpern, die keine feste Körperform aufweisen, wird das tatsächliche Volumen des abgepackten Gutes herangezogen (keine Umschreibung einer vorgegebenen Form mittels Quader). Häufig ist dieses Volumen auf der Verpackung angeführt. Gibt es keine Angaben zum Volumen, wird das Gut in einen Messbecher geleert und so das Volumen bestimmt.

3.2 Ausnahmeregelungen

Der Schwellenwert für Faktor (1) von 3,2 kann nicht für alle Produkte angewendet werden. Daher sind Ausnahmeregelungen in folgenden Fällen notwendig:

1. Das Produkt ist so klein, dass keine handhabbare Verkaufsverpackung mit vertretbarem Aufwand realisiert werden kann (siehe Kap.: 3.2.1).
2. Es liegt bei zumindest einem Einzelteil eine geometrische Sonderform vor (siehe Kap.: 3.2.2).

Für lose geschüttetes Schüttgut und Produkte, die kein fixes Verhältnis von Oberfläche zu Volumen haben (Flüssigkeiten, Pasten, etc.) kann nur Punkt 1 zutreffen. Bei einer Verpackungsoberfläche größer als 150 cm² ist der Schwellenwert von 3,2 in jedem Fall einzuhalten.

3.2.1 Verpackungsoberfläche = 150 cm²

Verpackungen bis zu einer Oberfläche von 150 cm² sind von der Einhaltung des Schwellenwertes ausgenommen.

Damit ist die Handhabung und Kennzeichnung von sehr kleinen Produkten, speziell für Selbstbedienungsmärkte, gewährleistet.

3.2.2 Individueller Schwellenwert für sehr flache und / oder sehr lange Produkte

Bei Körpern, die sehr stark von der Grundform Kugel/Würfel abweichen (z.B.: Briefkuvert, CD, Leuchtstoffröhren), kann ab einem bestimmten Seitenverhältnis der Schwellenwert für Faktor (1) von 3,2 nicht mehr eingehalten werden. Für sehr flache und sehr lange Produkte wird daher ein individueller Schwellenwert ermittelt (ISE bzw. ISM).

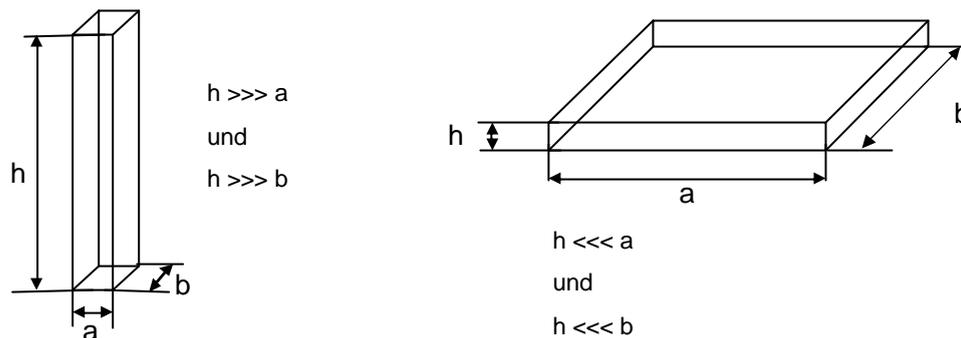


Abb. 2: Spezialfälle: lange und flache Produkte

Dabei muss unterschieden werden, ob es sich bei dem Produkt um ein Einzelstück handelt oder ob das Produkt aus mehreren Teilen besteht.

3.2.2.1 Individueller Schwellenwert für Einzelstücke (ISE)

Das Verhältnis von **Produktoberfläche** zu **Produktvolumen** des Produktes wird laut Formel (2) bestimmt:

$$\text{Faktor (2)} = \frac{\sqrt[2]{\text{Oberfläche des verpackten Gutes (Einzelstück)} [\text{cm}^2]}}{\sqrt[3]{\text{Volumen des verpackten Gutes (Einzelstück)} [\text{cm}^3]}} \quad \text{Formel (2)}$$

Wenn der Faktor (2) > 2,8 ist, dann gilt für die Verpackung dieses Produktes der individuelle Schwellenwert für Einzelstücke ISE laut Formel (3).

$$\text{ISE} = \text{Faktor(2)} \times 1,15 \quad \text{Formel(3)}$$

Es gilt: Faktor (1) < ISE Verpackung ist zulässig!

Als Wert für die „Oberfläche des verpackten Gutes“ in Formel (2) wird die Oberfläche des Quaders herangezogen, der für die Volumenberechnung umschrieben wurde.

Achtung: In Formel (1) wird im Zähler die „Oberfläche der Verpackung“ eingesetzt, die im Unterschied zur „Oberfläche des verpackten Gutes“ exakt zu bestimmen ist.

3.2.2.2 Individueller Schwellenwert für Produkte, die aus mehreren Teilen bestehen (ISM)

Wenn laut Formel (2) für das Verhältnis von Produktoberfläche zu Produktvolumen von **zumindest einem Einzelteil** der Faktor (2) > 2,8 ist, dann ist der individuelle Schwellenwert (ISM) nach Formel (4) und (5) zu berechnen.

$$\text{Faktor (3)} = \frac{\sqrt[3]{\text{Oberfläche der verpackten Einzelstücke [cm}^2\text{]}}}{\sqrt[3]{\text{Volumen der verpackten Einzelstücke [cm}^3\text{]}}} \quad \text{Formel (4)}$$

Die „Oberfläche der verpackten Einzelstücke“ in Formel (4) ist dermaßen zu bestimmen, dass der kleinste Quader, der alle Einzelteile bei optimaler Anordnung (= kleinste Gesamtoberfläche des umschriebenen Körpers) umfasst, heranzuziehen ist (siehe folgende Abb.). Das Volumen der verpackten Einzelstücke entspricht der Summe der umschriebenen Quader jedes Einzelstückes (entspricht demselben Wert wie der Nenner in Formel (1)).

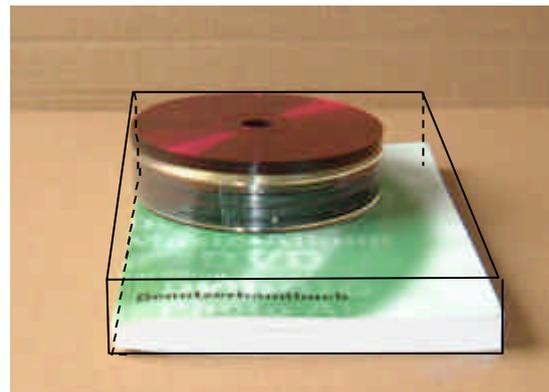
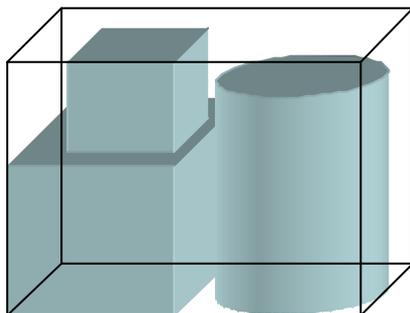


Abb. 3: Optimale Anordnung für die Bestimmung der Produktoberfläche bei mehreren Einzelteilen (Stückgut)

Wenn der Faktor (3) > 2,8 ist, dann gilt für die Verpackung der individuelle Schwellenwert für mehrere Einzelstücke ISM laut Formel (5):

$$ISM = \text{Faktor}(3) \times 1,15 \qquad \text{Formel (5)}$$

Es gilt: Faktor (1) < ISM Verpackung ist zulässig!

Wenn der Faktor (3) = 2,8 ist, dann gilt für die Verpackung aller Einzelstücke der vorgegebene Schwellenwert von 3,2 unabhängig davon wie groß der Faktor (2) eines Einzelstückes ist.

*Beispiele für die Berechnung des individuellen Schwellenwertes (ISE bzw. ISM) sind im **Anhang E: Ausnahmeregelungen** dargestellt.*

3.3 Zusammenfassung

In Abbildung 4 wird der gesamte Ablauf zur Beurteilung von Verpackungen übersichtlich dargestellt und der bestehenden Norm gegenübergestellt.

In beiden Fällen wird zuerst das Assessment durchgeführt. Wird bezüglich der aufgezählten Anforderungskriterien kein kritischer Bereich festgestellt, muss in beiden Fällen eine Neugestaltung der Verpackung erfolgen, die zu einer Reduktion der Verpackungsoberfläche führt.

Wenn ein kritischer Bereich festgestellt wird, folgt im Alternativvorschlag als Ergänzung zur bestehenden Norm die Überprüfung des Schwellenwertes. Dabei wird zuerst der Faktor (1) bestimmt und mit dem Schwellenwert von 3,2 verglichen.

Wird der Schwellenwert überschritten, erfolgt eine Prüfung hinsichtlich der Ausnahmeregelungen.

Trifft keine Ausnahmeregelung zu muss geprüft werden ob aufgrund von Produktschutz, Sicherheit für den Verbraucher oder gesetzlichen Vorgaben die Verpackung im bestehenden Ausmaß notwendig ist, ansonsten muss eine Neugestaltung der Verpackung vorgenommen werden.

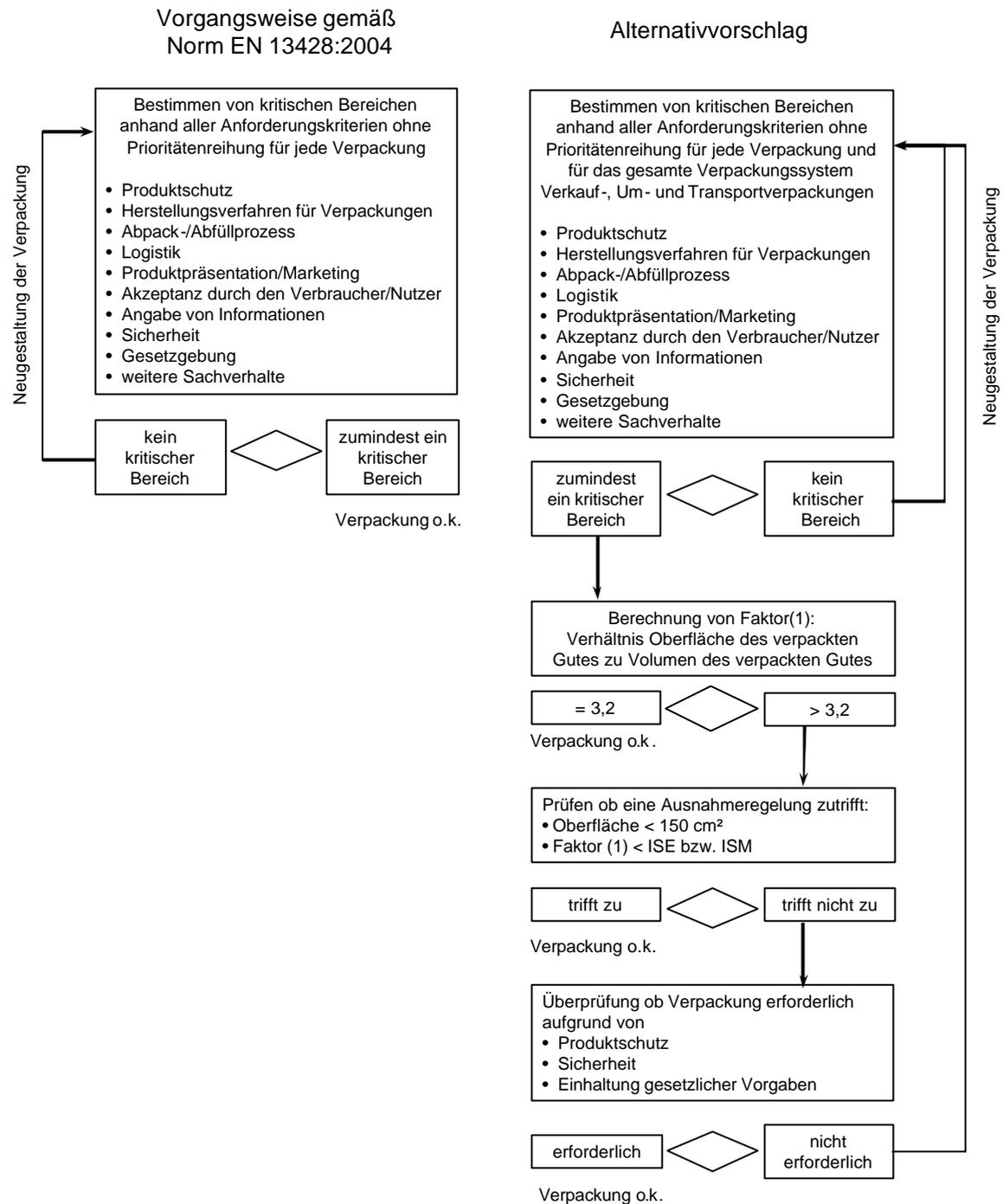


Abb. 4: Schematischer Ablauf für die Beurteilung von Verpackungen mittels Assessment und Schwellenwert

ANHANG A: BEISPIELE

Im folgenden Beispiel wird die Berechnung des Faktor (1) genau erklärt.

Spar: Backpapier



Die **Verpackungsoberfläche** ergibt sich aus der Oberfläche des Quaders mit folgenden Abmessungen:

Quader: a = 40,5; b = 4,8; h = 4,8

Verpackungs-Oberfläche = 823,68 cm²

Das Produkt wird durch einen Quader mit folgenden Abmessungen umschrieben:

Quader: a = b = 4,7; h = 38

Produktvolumen = 839,42 cm³

$$\text{Faktor (1)} = \frac{\sqrt[2]{\text{Oberfläche der Verpackung [cm}^2\text{]}}}{\sqrt[3]{\text{Volumen des verpackten Gutes [cm}^3\text{]}}} = \frac{\sqrt[2]{823,68 \text{ [cm}^2\text{]}}}{\sqrt[3]{839,42 \text{ [cm}^3\text{]}}} = \mathbf{3,04}$$

Faktor (1) = 3,04 < 3,2 daher ist die Verpackung zulässig

Verkaufsverpackungen aus dem täglichen Konsum

Marke	Produkt	Menge	Bemerkung	Volumen [cm ³]	Oberfläche [cm ²]	Faktor (1)
Anker	Semmelbrösel	400g	Schüttgut	650	611	2,85
Bad Ischler	Salz	500g	Schüttgut	305	360	2,82
Kotany	Pfeffer, schwarz	48g	Schüttgut	346	390	2,81
Aro	Bienenhonig	500g	Flüssigkeit	386	377	2,67



Anker / Brösel



Bad Ischler / Salz



Kotany / Pfeffer



Aro / Bienenhonig

Marke	Produkt	Menge	Bemerkung	Volumen [cm ³]	Oberfläche [cm ²]	Faktor (1)
Alpenmilch	Milch	1 Liter	Flüssigkeit	1000	686	2,62
Römerquelle	Mineralwasser	1,5 Liter	Flüssigkeit	1500	860	2,56
Spar	Bio-Apfelessig	500ml	Flüssigkeit	500	482	2,76
ILIADA	Olivenöl	500ml	Flüssigkeit	500	567	3,00
Mazola	Maiskeimöl	500ml	Flüssigkeit	500	444	2,65
Kikkoman	Sojasauce	150ml	Flüssigkeit	150	248	2,97
Natreen	Süsse	125ml	Flüssigkeit	125	219	2,96
Kotany	Chili-Mühle	50g	Inhalt+Mühle	128	186	2,71
Fuchs	Chillies	25g	Schüttgut	149	193	2,62



Milch, Wasser, Essig, Olivenöl, Mazola



Sojasauce, Süsse, Chili-Mühle, Chillies

Marke	Produkt	Menge	Bemerkung	Volumen [cm ³]	Oberfläche [cm ²]	Faktor (1)
NÖM	Speisetopfen	250g	Schüttgut	263	351	2,93
aro	Kaffeefilter	100 Stk.	als Stück	637	665	3,00
Spar	Backpapier	1 Stk.	Stück	839	824	3,04



Speisetopfen



Kaffeefilter



Backpapier

Verschiedene Verpackungen des gleichen Produktes

Sparlampe von OSRAM

Die Lampe wird von einem Hersteller in unterschiedlichen Verpackungen verkauft. Die rechts abgebildete Verpackung entspricht dem Alternativvorschlag, die links abgebildete Verpackung (für dasselbe Produkt) würde den Anforderungen an „Source reduction“ nicht entsprechen.

Dasselbe Produkt ist einmal in einem Karton verpackt: Faktor (1) = 2,64 (rechts im Bild) und einmal in einer Art Blisterverpackung: Faktor (1) = 3,96.

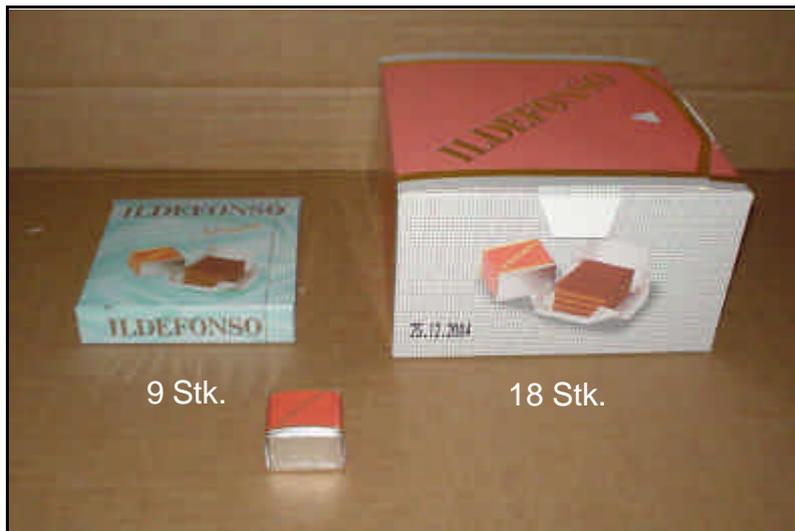


Die Kartonverpackung unterschreitet eindeutig den Schwellenwert laut Faktor (1), während die sehr großflächige Kunststoffverpackung deutlich darüber liegt. Zusätzlich zur platz sparenden Verpackung ist im Karton auch noch ein Fenster eingebaut, das die Oberfläche der Verpackung reduziert.

Ildefonso: Nougatwürfel

Die kleine Kartonverpackung (im Bild links) enthält 9 Stk. Nougatwürfel und erzielt einen Faktor (1) von 3,16.

Die große Schachtel (rechts im Bild) enthält 18. Stk. und weist einen Faktor (1) von 4,69 auf. Um unter dem Schwellenwert zu bleiben müsste die große Schachtel 57 Stk. Nougatwürfel enthalten.



Mirabell: Salzburger Mozarttaler

Sackerl mit 7 Stück Mozarttaler: Faktor (1) = 3,40

Schachtel mit 5 Stück: Faktor (1) = 4,49



Schachtel mit 5 Stück



Sackerl mit 7 Stück

Obwohl in diesem Fall beide Verpackungen den Schwellenwert nicht erreichen, ist die Verpackung mittels Sackerl eindeutig „Ressourcen schonender“. Würde man 9 statt 7 Taler in das Sackerl geben würde der Schwellenwert unterschritten werden. In die Schachtel müsste man 14 Taler geben um unter den Schwellenwert zu kommen.

Osram: Halogen Lämpchen

Das kleine Lämpchen mit einem Volumen von 3,4 cm³ (umschriebener Quader von 1 cm x 1 cm x 3,4 cm) wird einmal in einen Karton mit einer Oberfläche von 70 cm² eingepackt und einmal in einer Blisterverpackung mit einer Oberfläche von rd. 400 cm².



Kartonverpackung: Faktor (1) = 5,58
Blisterverpackung: Faktor (1) = 13,30

Obwohl in beiden Fällen der Schwellenwert überschritten wird, würde die Kartonverpackung aufgrund der Sonderregelung für kleine Verpackungen (Oberfläche = 150cm²) dem Vorschlag entsprechen, während die Blisterverpackung diese Sonderregelung nicht erreicht und den Schwellenwert stark überschreitet.

Hinweis: Die Blisterverpackung besteht entlang der schwarz strichlierten Linie aus einem Hohlkörper, wodurch die große Oberfläche zustande kommt.

Würde man entlang der rot punktierten Linie die Verpackung kürzen und den Hohlkörper auf den Zylinder über der Lampe reduzieren würde sich sehr leicht die Sonderregelung für kleine Verpackungen einhalten lassen.

Zulässige und nicht zulässige Anordnungen

Die Oberfläche der Verpackung wird in der vorgesehenen Betrachtung als Größe für den Verbrauch von Verpackungsmaterial herangezogen. Die angestrebten Ressourcenvermeidungen sollten also durch eine Verringerung der Verpackungsoberfläche durch günstigere geometrische Formen erreicht werden. Auf der anderen Seite werden ungünstige Anordnungen, wie im Beispiel der Suppenwürfel, durch die Formel unterbunden.

Manner: Schokobananen

In beiden Verpackungen sind 24 Stück Schokobananen derselben Größe.

Die linke Schachtel ist höher und erreicht einen Faktor (1) = 2,59

Die rechte Schachtel ist sehr flach und erreicht einen Faktor (1) = 3,26



Maggi: Gemüsesuppen-Würfel

Produkt: 12 Stk. Suppenwürfel:

Quader für 1 Stk.: a = 3,6 cm; b = 2,4 cm; h = 1 cm ($V = 8,64 \text{ cm}^3$)

Produktvolumen: (12 Stk.) = 103,68 cm³

Verpackung: Quader: a = 15,7 cm; b = 7,5 cm, h = 1,1 cm

Verpackungsoberfläche = 286,54 cm²

Faktor (1) = 3,60



Obwohl die Verpackung nicht überdimensioniert scheint (siehe schwarze Linie im Bild) liegt der Faktor (1) doch recht weit über dem zugelassenen Schwellenwert von 3,2.

Kommt eine Sonderregelung zum Tragen?

Voraussetzung für die Anwendung der Sonderregelung für mehrere Einzelteile laut Kap. 3.2.2.2 ist, dass zumindest bei einem Einzelstück der Faktor (2) $> 2,8$ sein muss. Für einen Suppenwürfel mit den Abmessungen (3,6 cm x 2,4 cm x 1 cm) ist der Faktor (2) = 2,64 und daher kommt die Sonderregelung nicht zum tragen. Daher muss in diesem Fall die Verpackung als unzulässig gewertet werden.

Das Problem liegt in der ungünstigen Anordnung:

Ungünstige Anordnung



Anordnung: flach: 7,2 cm x 14,4 cm x 1 cm

Optimale Anordnung



7,2 cm x 4,8 cm x 3 cm

Mögliche Verpackung:

Bei diesem Beispiel ist es sehr leicht möglich eine zulässige Verpackung zu realisieren, wenn die 12 Stück Suppenwürfel in 3 Lagen übereinander angeordnet werden.

Produkt: Quader: 7,2 cm x 4,8 cm x 3 cm

Produktvolumen = 103,68 cm³

Verpackung: Quader: 8 cm x 5 cm x 3,5 cm

Verpackungs-Oberfläche = 171 cm²

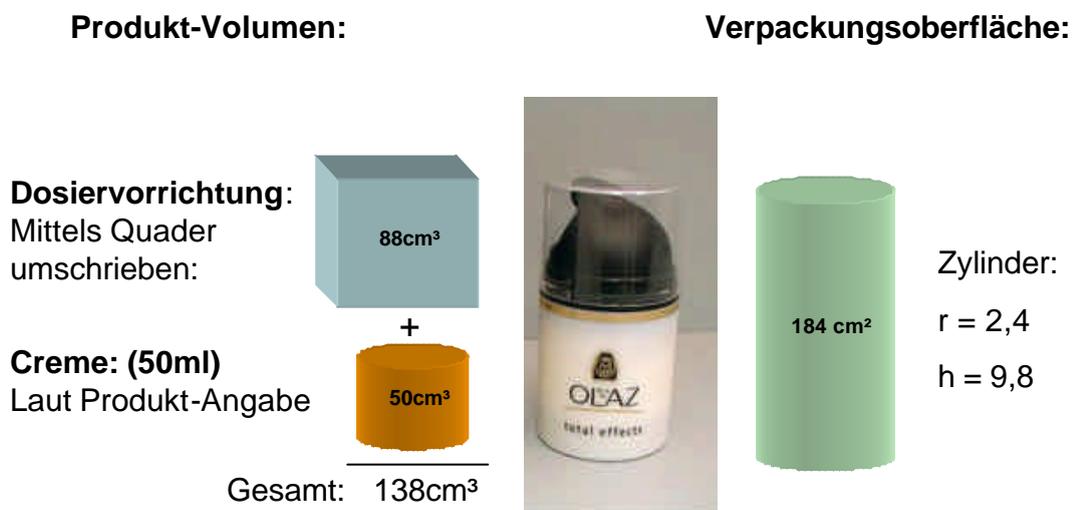
Faktor (1) = 2,78

ANHANG B: ABGRENZUNG PRODUKT – VERPACKUNG

Für die Anwendung des Produktes notwendige Bestandteile, wie z.B.: Dosiervorrichtungen, Gewürzmühlen, Wimperntuschepinsel, werden zum Produkt gerechnet.

Beispiel: OLAZ, Feuchtigkeitscreme

Die Dosiervorrichtung wird zum Produkt gezählt.



Auswirkungen auf den Faktor (1) bei Einbeziehung der Dosiervorrichtung:
Werte in Klammer jeweils ohne Einbeziehung der Dosiervorrichtung

Produktvolumen:

Volumen des Inhaltes: 50 ml = **50 cm³**

Quader (Dosiervorrichtung): a = b = 4,7 cm; h = 4 cm; (88 cm³)

Gesamtvolumen = 138 cm³ (ohne Dosiervorrichtung nur 50 cm³)



Tiegel:

Verpackungsoberfläche:

Zylinder: r = 2,4 cm; h = 9,8 cm

Oberfläche: = 184 cm²

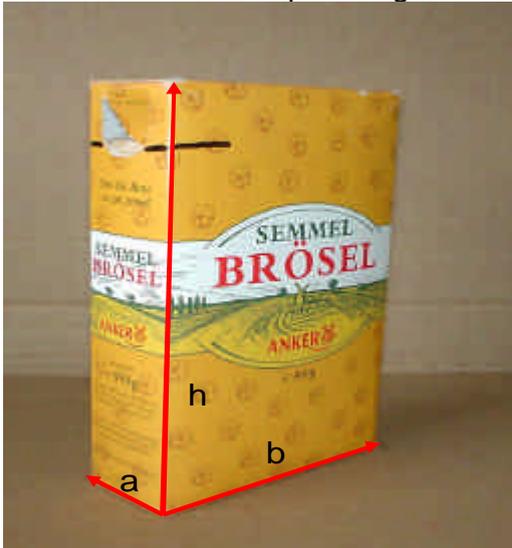
Faktor (1) = 2,62

(3,68 ohne Einbeziehung der Dosiervorrichtung)

ANHANG C: BERECHNUNG DER VERPACKUNGSOBERFLÄCHE

Für die Berechnung der Verpackungs-Oberfläche ist die Oberfläche des geometrischen Körpers der Verpackung heranzuziehen.

Oberfläche der Verpackung:



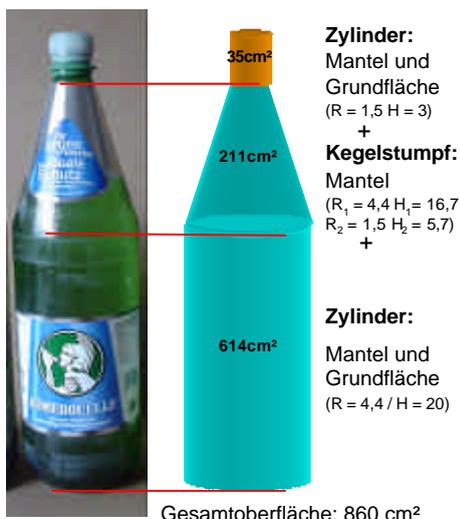
Quader:
 $O = 2 \times (a \times b + a \times h + b \times h)$

Oberfläche der Verpackung:



Zylinder:
 $O = 2 \times r^2 \times \pi + 2 \times r \times \pi \times h$

Verpackungen mit einer komplizierten Oberfläche, sind in geometrische Körper zu zerlegen. Die Summe der Flächen diese Einzelteile ergibt dann die gesamte Oberfläche.



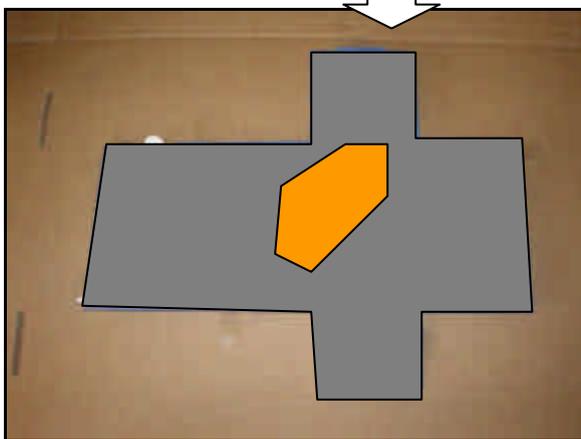
Abrundungen, kleine Unebenheiten und kleine Stufen können vernachlässigt werden. Bei knappen Ergebnissen ist die Oberfläche genau zu berechnen.

Sonderfall: Öffnungen in der Verpackung

Befindet sich hinter der Öffnung direkt das Produkt, dann wird die Öffnung bei der Berechnung der Oberfläche berücksichtigt (siehe linke Bilderreihe).

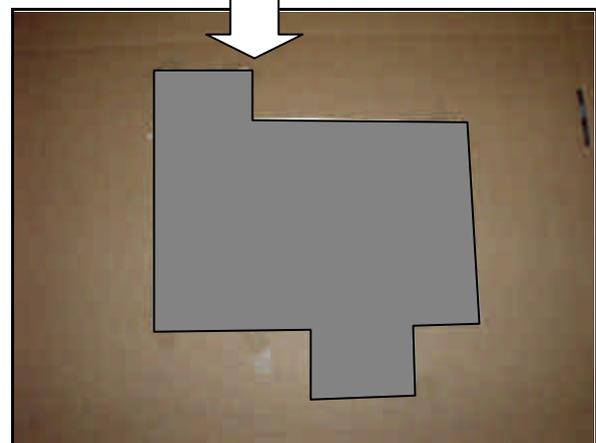
Befindet sich hinter der Öffnung eine weitere Verpackung, so wird die Öffnung bei der Berechnung der Oberfläche nicht berücksichtigt (die Öffnung wird gedanklich geschlossen).

Hinter dem Fenster befindet sich direkt das Produkt



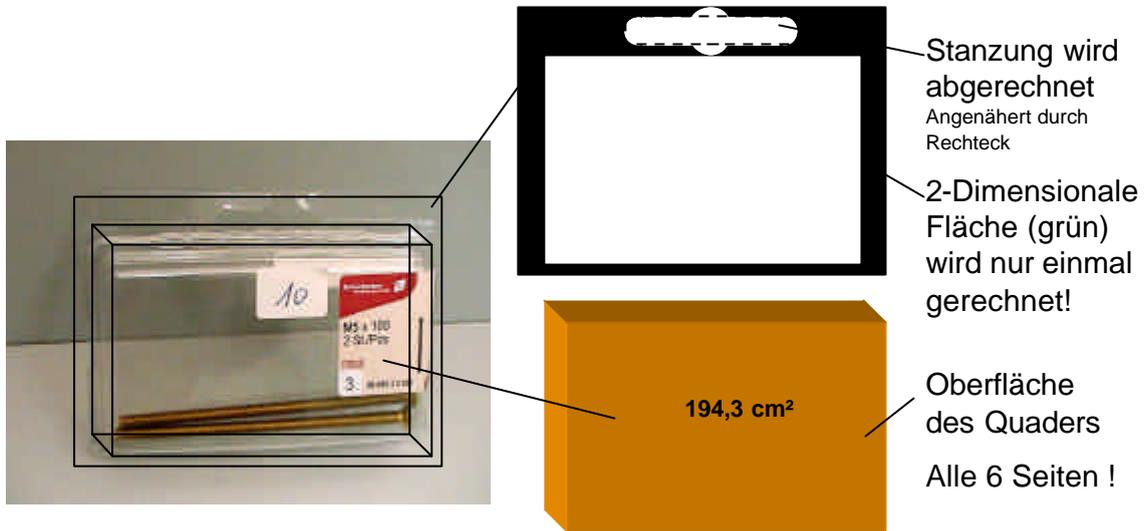
Oberfläche = Quaderoberfläche –
 Fensterfläche (rot)

Hinter dem Fenster befindet sich eine weitere Verpackung



Oberfläche = ganzer Quader

Sonderfall „2-dimensionale Flächen“: Verpackungsteile, die kein Volumen einschließen werden nur einmal gerechnet:



Verpackungsoberfläche: (besteht aus Quader und 2-dimensionaler Fläche)

Quader: a = 10,5 cm; b = 6,5 cm; h = 1,7 cm

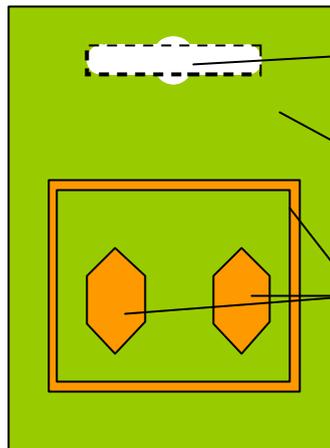
$O = 2 \times (10,5 \times 6,5 + 6,5 \times 1,7 + 10,5 \times 1,7) = 194,3 \text{ cm}^2$

2-dimensionale Fläche: 12 cm x 9 cm – 10,5 cm x 6,5 cm (Quader) – 3,5 cm x 0,8 cm (Ausnehmung für Aufhängung) =

Verpackungsoberfläche: 231,25cm²

Bei der Bestimmung der Verpackungsoberfläche wird die Oberfläche des Quaders komplett mit allen 6 Seiten gerechnet, die Oberfläche der zweidimensionalen Fläche (grün) die rundherum reicht hingegen nur einmal.

Verpackungsoberfläche



- Stanzung wird abgerechnet
- Angenähert durch Rechteck
- Grüne Fläche wird nur einmal gerechnet.
- Rote Volumenkörper werden mit gesamter Oberfläche gerechnet

$$\text{Grüne Fläche: } (8 \times 12) - (4 \times 0,7) - (6,5^2 - 5,9^2) - 2 \times (2,3 \times 1,4) = 96 - 2,8 - 7,44 - 6,44 = 79,32 \text{ cm}^2$$

$$\text{Rote Volumenkörper: } 4 \times (4 \times 6,2 \times 0,3) + 4 \times (2,3 \times 1,4) + 4 \times (1,4 \times 1,6) + 8 \times (1 \times 1,4) = 29,76 + 12,88 + 8,96 + 11,2 = 62,8 \text{ cm}^2$$

Gesamtoberfläche: 142,12

Bei der Verpackung im obigen Beispiel wird die grün gekennzeichnete Fläche nur einmal gerechnet, da hier kein Volumen eingeschlossen wird. Die roten Flächen schließen ein Volumen ein und sind daher als Volumenkörper anzusehen und jeweils die gesamte Oberfläche zu rechnen.

Die Gesamtoberfläche ergibt sich aus der Summe beider Flächen.

Auch bei Sackerln wird der obere Teil, der kein Volumen einschließt nur einmal gerechnet:



Der obere Teil (über den roten Strichen) wird nur einmal gerechnet. Das entspricht der Fläche, die man aufspannen kann, wenn man das Sackerl bei der roten Linie abschneidet. (siehe unten)



Der untere Teil des Sackerl ergibt einen Quader ohne Deckfläche:

Quader: 3 cm x 8 cm x 14 cm
Oberfläche: 356 – 24 (Deckfläche) = 332 cm²

Der obere Teil (abgeschnittene Teil) spannt eine 2-dimensionale Fläche von 11 cm x 8 cm auf. Diese Fläche von 88 cm² wird nur einmal gerechnet.

Gesamtoberfläche:
332 + 88 = 420cm²

ANHANG D: BERECHNUNG DES PRODUKTVOLUMENS

Zur **Berechnung des Produktvolumens** wird dem Produkt (Stückgut, geordnetes Schüttgut) ein Quader umschrieben und das Volumen des umschriebenen Körpers berechnet.



Kaffeefilter:

Den Kaffeefiltern wird der kleinstmögliche Quader umschrieben.

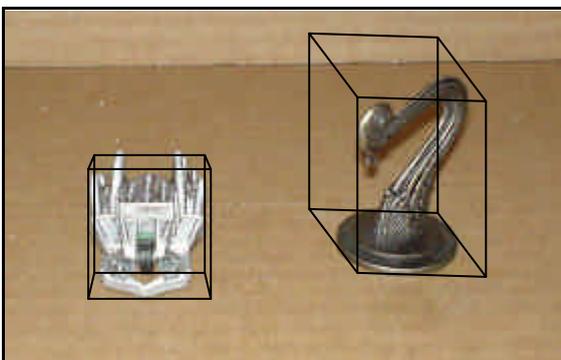
Das Volumen des Quaders entspricht dem Produktvolumen.



Kerze und Lampe:

Der jeweils kleinstmögliche Quader wird umschrieben und dessen Volumen berechnet.

Das Volumen des Quaders entspricht dem Produktvolumen.



Auch bei komplizierten Formen wird der jeweils kleinste Quader umschrieben. Die freibleibenden Hohlräume bleiben für die Produkt-Volumen-Bestimmung unberücksichtigt.

Als Produktvolumen zählt immer das gesamte Volumen des Quaders.

Einteilung: Stückgut/Schüttgut

Beispiele für Schüttgüter (ohne feste Form):



Brösel (Pulver)



Topfen (Pasten)



Flüssigkeiten



Tee

Hier wird das Volumen entweder durch die Aufschrift auf den Verpackungen (bei Flüssigkeiten) oder durch die Umrechnung der Schüttdichte, die direkt nach der Abfüllung bestimmt wird, mittels dem angegebenen Gewicht auf der Verpackung.

Beispiele für geordnete Schüttgüter:



Spaghetti



Kaffeefilter



Klammern

Obwohl diese Produkte wegen der Stückzahl (>19) zu den Schüttgütern zu rechnen wären, wird aufgrund der geordneten Anordnung das Volumen nicht durch die Schüttdichte umgerechnet, sondern das Gesamte Produkt als ein Teil angesehen und mittels kleinstmöglicher Quader umschrieben.

Beispiele für Produkte, die zwar lose geschüttet verpackt werden, aber aufgrund der geringen Stückzahl (<19) als Stückgut zu berechnen sind:



2 Stk. Schrauben



7 Stk. Mozarttaler in Sackerl



Kleinteile

In diesen Fällen wird jedem Einzelteil ein Quader umschrieben und die Summe dieser Quader ergibt das Gesamtvolumen des Produktes.

ANHANG E: AUSNAHMEREGLUNGEN

Beispiele für Verpackungen mit einer Oberfläche = 150 cm²

Alle Verpackungen der Produkte in den folgenden Bildern sind kleiner als 150 cm² und deshalb von der Regelung ausgenommen. Dabei spielt das Verhältnis zwischen Verpackungsoberfläche und Produktvolumen keine Rolle.



Beispiele für die Ausnahmeregel bei flachen bzw. langen Produkten

Osram: Leuchtstoffröhre (Einzelstück)



Die **Verpackungsoberfläche** ergibt sich aus der Summe der einzelnen 4 Begrenzungsflächen (Schachtel hat eine trapezförmigen Querschnitt) abzüglich der Öffnungen:

Verpackungsoberfläche = 1287,35 cm²

Das **Produkt** wird durch einen Quader mit folgenden Abmessungen umschrieben:
Quader: a = b = 2,5 cm; h = 121 cm

Produktvolumen = 756,25 cm³

$$\text{Faktor (1)} = \frac{\sqrt[2]{\text{Oberfläche der Verpackung [cm}^2\text{]}}}{\sqrt[3]{\text{Volumen des verpackten Gutes [cm}^3\text{]}}} = \frac{\sqrt[2]{1287,35 \text{ [cm}^2\text{]}}}{\sqrt[3]{756,25 \text{ [cm}^3\text{]}}} = 3,94$$

Faktor (1) 3,94 > 3,2

Ausnahmeregelung: (laut Kap.: 3.2.2.1, für Einzelstücke)

Bei der Berechnung von Faktor (2) muss die „Oberfläche des verpackten Gutes“ bestimmt werden. Man nimmt dafür den gleichen Quader der für die Volumenbestimmung herangezogen wurde:

Quader: a = b = 2,5 cm; h = 121 cm

Oberfläche des verpackten Gutes = 1222,5

$$\text{Faktor (2)} = \frac{\sqrt[2]{\text{Oberfläche des verpackten Gutes (Einzelstück) [cm}^2\text{]}}}{\sqrt[3]{\text{Volumen des verpackten Gutes (Einzelstück) [cm}^3\text{]}}} = \frac{\sqrt[2]{1222,5 \text{ [cm}^2\text{]}}}{\sqrt[3]{756,25 \text{ [cm}^3\text{]}}}$$

Faktor (2) = 3,84 größer als 2,8 und daher gilt in diesem Fall der individuelle Schwellenwert ISE nach Formel (3)

Individueller Schwellenwert ISE = Faktor (2) * 1,15 = 4,42

Faktor (1): 3,94 < 4,41 ISE, individueller Schwellenwert und damit ist die Verpackung für dieses Produkt zulässig.

Beispiel für die Ausnahmeregelung bei mehreren Einzelstücken

CD-Recording-Software



Abgrenzungen: Insgesamt 22 Einzelstücke, geordnet → Stückgut
 Als Produkt zählt: 21 Stk. CD, 1 Benutzerhandbuch,

Produktvolumen:

Quader (Handbuch): a = 15 cm; b = 21 cm; h = 1,2 cm (V = 378 cm³)

Quader (CD, 1 Stk.): a = 12 cm; b = 12 cm; h = 0,1 cm (V = 14,4 cm³)

Gesamtvolumen = 680,4 cm³

Verpackungsoberfläche:

Quader: a = 40 cm; b = 25,5 cm; h = 6,5 cm

Oberfläche = 2891,5 cm²

$$\text{Faktor (1)} = \frac{\sqrt[2]{\text{Oberfläche der Verpackung [cm}^2\text{]}}}{\sqrt[3]{\text{Volumen des verpackten Gutes [cm}^3\text{]}}} = \frac{\sqrt[2]{2891,5 [\text{cm}^2]}}{\sqrt[3]{680,4 [\text{cm}^3]}} = \mathbf{6,11}$$

Ausnahmeregelungen: (mehrere Einzelstücke)

Überprüfen ob zumindest für ein Einzelstück der Faktor (2) > 2,8 ist:

CD: Produktoberfläche wird mit demselben Quader berechnet, der auch für das Produktvolumen herangezogen wurde:

Quader (CD, 1 Stk.): a = 12 cm; b = 12 cm; h = 0,1 cm

Oberfläche = 292,8 cm

Volumen = 14,4 cm³

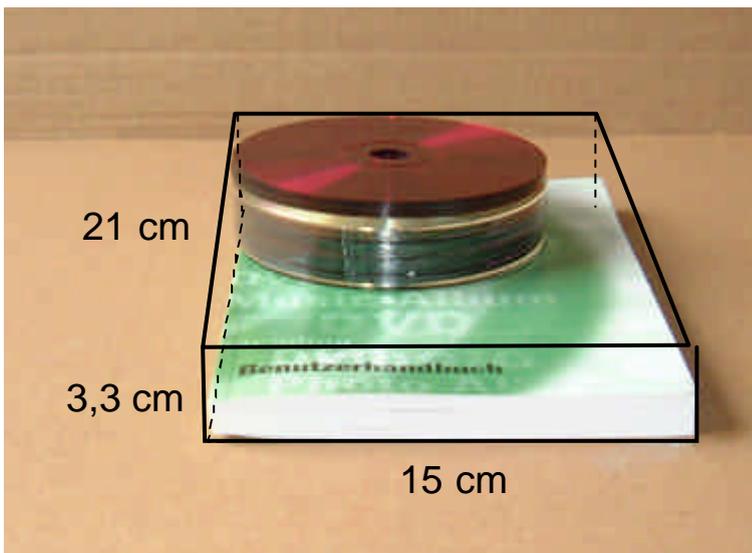
$$\text{CD: Faktor(2)} = \frac{\sqrt[2]{292,8 [\text{cm}^2]}}{\sqrt[3]{14,4 [\text{cm}^3]}} = 7,03 (>2,8)$$

Da es sich um mehrere Einzelstücke handelt ist der individuelle Schwellenwert ISM nach Formel (4) und (5) zu ermitteln.

$$\text{Faktor (3)} = \frac{\sqrt[2]{\text{Oberfläche der verpackten Einzelstücke} [\text{cm}^2]}}{\sqrt[3]{\text{Volumen der verpackten Einzelstücke} [\text{cm}^3]}} \quad \text{Formel (4)}$$

Die „Oberfläche der verpackten Einzelstücke“ in Formel (4) ist dermaßen zu bestimmen, dass der kleinste Quader, der alle Einzelteile bei optimaler Anordnung (= kleinste Gesamtoberfläche des umschriebenen Körpers) umfasst, heranzuziehen ist. Das Volumen der verpackten Einzelstücke entspricht der Summe der umschriebenen Quader jedes Einzelstückes (entspricht demselben Wert wie der Nenner in Formel (1)).

Optimaler Quader (siehe Abbildung) für Oberflächenberechnung in Formel (4):



Optimaler Quader: a = 21 cm; b = 15 cm; h = 3,3 cm
 Oberfläche der verpackten Güter = 867,60 cm²
 Volumen wie oben = 680,4 cm³

$$\text{Faktor (3)} = \frac{\sqrt[2]{867,6 [\text{cm}^2]}}{\sqrt[3]{680,4 [\text{cm}^3]}} = 3,35 > 2,8 \text{ daher gilt der individuelle}$$

Schwellenwert ISM nach Formel (5) = 3,85

Faktor (1): 6,11 > 3,85 ISM (daher nicht zulässig)