

**FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT
KRAFTPAPIERE UND PAPIERSÄCKE E.V.**

Nerotat 4, 6200 Wiesbaden

in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe „Säcke und Sackmaterialien“ am
Fraunhofer-Institut für Lebensmitteltechnologie und Verpackung

Institut an der Technischen Universität München
Schragenhofstraße 35, 8000 München 50

**Bestimmung von Volumen und Abmessungen bei Säcken
aus Kraftsackpapier und Kombinationen aus Kraftsack-
papieren mit Sperrschicht- und Verstärkungsmaterialien**

**Merkblatt
13/II/84**

Vorbemerkung

Die in diesem Merkblatt enthaltenen Formeln, Nomogramme und Diagramme erlauben sowohl die Bestimmung des Nutzvolumens von Säcken als auch der Abmessungen des gefüllten Sacks, beide in Abhängigkeit von den vorgegebenen Fertigungsmaßen. Darüber hinaus bildet das Merkblatt auch die Grundlage für die umgekehrte Aufgabenstellung, geeignete Fertigungsmaße für ein gewünschtes Nutzvolumen oder für vorgegebene Abmessungen des gefüllten Sacks, die z. B. auf das Modulmaß einer Palette abgestimmt sind, zu ermitteln.

Die Berechnungsformeln für diese beiden Aufgabenstellungen wurden durch praktische Abfüllversuche auf die beste Übereinstimmung mit den Gegebenheiten der Praxis überprüft. Sie gelten für den gestapelten, liegenden egalisierten Sack. Wegen des Einflusses unterschiedlicher Füllsysteme sind die sich aus der Volumenberechnung ergebenden Fertigungsmaße auf jeden Fall noch in der Abfüllpraxis zu überprüfen. Der Einfluß unterschiedlichen Dehnungsverhaltens verschiedener Sackpapierarten wurde nicht eigens berücksichtigt.

Die Benutzung der Nomogramme und Diagramme wird durch Hinweise und Berechnungsbeispiele erläutert.

1. Geltungsbereich und Zweck

Dieses Merkblatt gilt für Papiersäcke nach DIN 55460, Teil 1 und Teil 2. Es dient:

- a) ausgehend von den Fertigungsmaßen, der Bestimmung des Nutzvolumens,
- b) ausgehend von den Fertigungsmaßen, der Bestimmung der Abmessungen des gefüllten Sacks,
- c) ausgehend von den Abmessungen des gefüllten Sacks, der Bestimmung der Fertigungsmaße.

Anmerkung: Einige Grenzbereiche der theoretischen Volumenberechnung können außerhalb des jeweiligen maschinellen Herstellungsbereichs liegen.

2. Mitgeltende und angrenzende Normen

Packmittel: DIN 55460, Teil 1 – Säcke, Formen, Maßangaben.

Packmittel: DIN 55460, Teil 2 – Säcke, Sackbodenbreiten, Sackbreiten, Ventilweiten.

Packungsprüfung: DIN 55542, Teil 1 – Bestimmung des Füllungsgrades von Packungen; volumenstabile Packmittel, nach Gewicht gekennzeichnete Füllmenge.

Prüfung von Tensiden: DIN 53912 – Bestimmung der Schüttdichte von Pulvern und Granulaten.

Verpackungsprüfung: DIN 55438 – Klimatisierung

Packmittel: DIN 55465 – Säcke für Müll; Bauart, Maße, Anforderungen.

Torf für Gartenbau und Landwirtschaft: DIN 11540 – Technische Lieferbedingungen.

3. Begriffe

3.1. Nutzvolumen

Das Nutzvolumen V_n ist das abfülltechnisch nutzbare, für die Stapelbarkeit günstigste Volumen eines Sacks.

3.2. Füllvolumen

Das Füllvolumen $V_f = m/\rho$ ist das Volumen der vorgegebenen Menge m des Füllguts der Schüttdichte ρ .

3.3. Füllungsgrad

Der Füllungsgrad $f = V_f/V_n$ drückt das Verhältnis des von einem Gut eingenommenen Volumens zum Nutzvolumen eines Sacks aus.

4. Formeln

4.1. Tabelle 1 enthält die Formeln für die Berechnung des Nutzvolumens V_n für offene und geschlossene Säcke verschiedener Form, abhängig von den Fertigungsmaßen des Sacks (a = Sacklänge, b = Sackbreite, c = Sackbodenbreite, e = Faltenbreite). Bei geschlossenen Säcken ergibt sich c stets als der Mittelwert der Sackbodenbreite auf der Boden- und auf der Verschluß- bzw. Ventilseite.

4.2. Tabelle 2 gibt die Formeln zur Berechnung der Abmessungen des gefüllten Sacks (A = Sacklänge, B = Sackbreite, C = Sackhöhe), abhängig von den Fertigungsmaßen des Sacks (a = Sacklänge, b = Sackbreite, c = Sackbodenbreite, e = Faltenbreite) wieder.

4.3. Tabelle 3 stellt die Formeln zur Berechnung der Fertigungsmaße des Sacks (a = Sacklänge, b = Sackbreite), abhängig von den Abmessungen des gefüllten Sacks (A = Sacklänge, B = Sackbreite), und zwar für verschiedene Sackbodenbreiten c und Faltenbreiten e als Parameter dar.

5. Hinweis auf die Benutzung der Nomogramme und Diagramme

5.1. Nomogramme (siehe Anhang)

5.1.1. Zur Bestimmung des Nutzvolumens V_n aus den Fertigungsmaßen des Sacks (a = Sacklänge, b = Sackbreite, c = Sackbodenbreite, e = Faltenbreite) sind die eingezeichneten Punkte in der Reihenfolge 1, 2, 3, 4 und 5 (Säcke mit Böden oder Seitenfalten) oder 2, 4 und 5 (Flachsäcke) zu verbinden.

5.1.2. Andererseits sind zur Bestimmung geeigneter Fertigungsmaße des Sacks (a = Sacklänge, b = Sackbreite, c = Sackbodenbreite, e = Faltenbreite) für ein Nutzvolumen V_n die eingezeichneten Punkte jeweils in der umgekehrten Reihenfolge 5, 4, 3, 2, 1 (Säcke mit Böden oder Seitenfalten) oder 5, 4, 2 (Flachsäcke) zu verknüpfen.

Tabelle 1: Formeln für die Berechnung des Nutzvolumens (V_n in dm^3 ; a, b, c und e in dm).

Form	Benennung	Formel	Bemerkungen
Offene Säcke			
A1	Kreuzbodensack	$V_n = b^2 (0,24 a + 0,17 c - 0,1b)$	Beträgt der Abstand der Klebe- oder Schweißnaht auf der Verschußseite mehr oder weniger als 15 mm, so ist dies im Betrag von a (in dm) zu berücksichtigen.
A2	Faltensack	$V_n = (b + e)^2 (0,3079 a - 0,1723 e - 0,1508 b - 0,1593)$	
A3	Blockbodensack		Da bei einem offenen Blockbodensack die ausgezogene Faltentiefe (Faltenbreite) der Bodenbreite entspricht, treffen auf diesen Sack die Formeln des Kreuzbodensacks A1 zu, wenn man für c die Blockbodenbreite, für b die gesamte Schlauchbreite einschließlich der doppelten Faltentiefe und für a die um die Verschußbreite (z. B. 0,5 dm) verminderte Fertigungslänge des Sacks einsetzt.
A4	Flachsack	$V_n = b^2 (0,3079 a - 0,1508 b - 0,1593)$	
Geschlossene Säcke			
B1	Ventilbodensack	$V_n = b^2 (0,2452 a + 0,3273 c - 0,1121 b)$	
B2	Ventilfaltensack	$V_n = (b + e)^2 (0,2355 a - 0,036 e - 0,088 b)$	
B3	Ventilflachsack	$V_n = b^2 (0,2355 a - 0,088 b)$	

Tabelle 2: Formeln für die Berechnung der Abmessungen des gefüllten Sacks (A, B und C sowie a, b, c und e in dm).

Form	Benennung	Formel	Bemerkungen
Offene Säcke			
A1	Kreuzbodensack	$A = 0,993 a + 0,48 c - 0,11 c^2 - 0,7$ $B = 0,931 b - 0,065 c^2 - 0,68$ $C = 0,245 b + 0,025 c^2 + 0,59$	Für „C“ ist bei kleineren Kreuzbodensäcken mit Bodenbreiten $c \leq 1$ dm (10 cm) die Formel $C = 0,032 a + 0,122 b + 0,073 c^2 + 0,42$ zu empfehlen.
A2	Faltensack	$A = 0,955 a - 0,05 e - 0,05 e^2 - 0,05 b - 0,5$ $B = 0,82 b + 0,82 e - 0,035 e^2$ $C = 0,115 a + 0,128 e - 0,025 e^2 + 0,128 b - 0,05$	
A3	Blockbodensack		Da bei einem offenen Blockbodensack die ausgezogene Faltentiefe (Faltenbreite) der Bodenbreite entspricht, treffen auf diesen Sack die Formeln des Kreuzbodensacks A1 zu, wenn man für c die Blockbodenbreite, für b die gesamte Schlauchbreite einschließlich der doppelten Faltentiefe und für a die um die Verschußbreite (z. B. 0,5 dm) verminderte Fertigungslänge des Sacks einsetzt.
A4	Flachsack	$A = 0,955 a - 0,05 b - 0,5$ $B = 0,82 b$ $C = 0,115 a + 0,128 b - 0,05$	
Geschlossene Säcke			
B1	Ventilbodensack	$A = 1,013 a + 0,96 c - 0,22 c^2 - 0,712$ $B = 0,948 b - 0,13 c^2 - 0,41$ $C = 0,097 b + 0,147 c^2 + 0,73$	
B2	Ventilfaltensack	$A = 0,973 a - 0,16 e^2 - 0,676$ $B = 0,913 b + 0,913 e - 0,094 e^2 - 0,282$ $C = 0,064 a + 0,147 b + 0,147 e + 0,086 e^2 + 0,108$	
B3	Ventilflachsack	$A = 0,973 a - 0,676$ $B = 0,913 b - 0,282$ $C = 0,064 a + 0,147 b + 0,108$	

Tabelle 3: Formeln für die Berechnung der Fertigungsmaße (a und b sowie A, B und c bzw. e in dm).

Form	Benennung	Formel	Bemerkungen
Offene Säcke			
A1	Kreuzboden-sack	$a = 1,007 A - 0,48338 c + 0,1107 c^2 + 0,7049$ $b = 1,074 B + 0,0698 c^2 + 0,7304$	Die Berechnungsformeln für die Seitenmaße a und b sind außer von A und B noch von der Sackbodenbreite c als Parameter abhängig, d. h. a und b müssen für eine Reihe, z. B. nach DIN 55460, Teil 2 vorgegebener c-Werte berechnet werden, um ein Triplet a, b und c herauszufinden, welches, in Tabelle 1 unter Form A1 eingesetzt, zu dem benötigten Nutzvolumen führt.
A2	Faltensack	$a = 1,0277 A + 0,1644 e^2 + 0,6947$ $b = 1,0953 B - 1 e + 0,1029 e^2 + 0,31$	Für e gilt das unter Form A1 zu c Gesagte.
A3	Blockboden-sack		Da bei einem offenen Blockbodensack die ausgezogene Faltentiefe (Faltenbreite) der Bodenbreite entspricht, treffen auf diesen Sack die Formeln des Kreuzbodensacks A1 zu, wenn man für c die Blockbodenbreite, für b die gesamte Schlauchbreite einschließlich der doppelten Faltentiefe und für a die um die Verschlussbreite (z. B. 0,5 dm) verminderte Fertigungslänge einsetzt.
A4	Flachsack	$a = 1,0277 A + 0,6947$ $b = 1,0953 B + 0,31$	
Geschlossene Säcke			
B1	Ventil-bodensack	$a = 0,987 A - 0,9477 c + 0,217 c^2 + 0,7$ $b = 1,0548 B + 0,137 c^2 + 0,43$	Die Berechnungsformeln für die Seitenmaße a und b sind außer von A und B noch von der Sackbodenbreite c als Parameter abhängig, d. h. a und b müssen für eine Reihe, z. B. nach DIN 55460, Teil 2 vorgegebener c-Werte berechnet werden, welches, in Tabelle 1 unter Form A1 eingesetzt, zu dem benötigten Nutzvolumen führt.
B2	Ventil-faltensack	$a = 1,0277 A + 0,1644 e^2 + 0,6947$ $b = 1,0953 B - 1 e + 0,1029 e^2 + 0,31$	Für e gilt das unter Form B1 zu c Gesagte.
B3	Ventil-flachsack	$a = 1,0277 A + 0,6947$ $b = 1,0953 B + 0,31$	

5.2. Diagramme (siehe Anhang)

- 5.2.1. Zur Bestimmung der Abmessungen des gefüllten Sacks (A = Sacklänge, B = Sackbreite, C = Sackhöhe) aus den Fertigungsmaßen (a = Sacklänge, b = Sackbreite, c = Sackbodenbreite, e = Faltenbreite) sind die eingezeichneten Punkte in der Reihenfolge 1, 2 und 3 zu verbinden.
- 5.2.2. Andererseits sind zur Bestimmung geeigneter Fertigungsmaße (a = Sacklänge, b = Sackbreite) für die Abmessungen des gefüllten Sacks (A = Sacklänge, B = Sackbreite) die eingezeichneten Punkte in der umgekehrten Reihenfolge 3, 2 und 1 zu verknüpfen.

6. Beispiele

- 6.1. Gegeben: Sack der Form B 1 und Fertigungsmaße
b = 60 cm, a = 80 cm, c = 13 cm;
gesucht: V_n (dm³) und Maße des gefüllten Sacks A, B und C in cm.

Lösungsweg:
Verbindet man die Punkte 1, 2, 3, 4 und 5 im Nomogramm für die Form B 1 für c = 13 cm, a = 80 cm und b = 60 cm, so folgt $V_n = 62$ dm³.
Verbindet man die Punkte 1, 2 und 3 in den Diagrammen für die Form B 1 für a = 80 cm und c = 13 cm bzw. für b = 60 cm und c = 13 cm und für c = 13 cm und b = 60 cm, so folgt A = 83 cm, B = 50,6 cm und C = 15,6 cm.

- 6.2. Gegeben: Masse des Füllguts m = 25 kg, Schüttdichte $\rho = 0,8$ kg/dm³, Füllvolumen $V_f = m/\rho = 31,25$ dm³;

gesucht: Sack der Form B 1 und seine Fertigungsmaße a, b und c für $V_n = 32$ dm³ und für die Seitenmaße des gefüllten Sacks A = 60 cm und B = 40 cm.

Lösungsweg:

Verbindet man die Punkte 3, 2 und 1 in den Diagrammen für die Form B 1 und A = 60 cm und B = 40 cm, so wählt man zunächst eine günstige Fertigungsbreite aus, im vorliegenden Beispiel z. B. b = 50 cm. Sodann verbindet man im Nomogramm für die Form B 1 die Punkte 5, 4, 3, 2 und 1, wobei man eine Reihe möglicher Kombinationen von a und c zu $V_n = 32$ dm³ und b = 50 cm erhält. Diese überprüft man wiederum in den Diagrammen zu Form B 1 auf mögliche Über- und Untermaße, verglichen mit den Palettenmaßen bzw. dem angestrebten Modulmaß der Palette. Im vorliegenden Beispiel lautet eine zufriedenstellende Lösung: a = 58 cm, b = 50 cm und c = 12,5 cm.

- 6.3. Aufgrund von Maßtoleranzen und Schwankungen in der Schüttdichte will man oft den Einfluß dieser Abweichungen auf das Nutzvolumen wissen. Diese ergibt sich aus der Ableitung der Formeln in Tabelle 1 nach der Sacklänge a, bei konstanter Sackbreite b und Sackbodenbreite c bzw. Faltenbreite e, nach der Sackbodenbreite c bzw. der Faltenbreite e, bei konstanter Sacklänge a und Sackbreite b, oder nach der Sackbreite b, bei konstanter Sacklänge a und Sackbodenbreite c bzw. Faltenbreite e. Am stärksten ist der Einfluß der Sackbreite b auf das Nutzvolumen V_n , gefolgt von der Sackbodenbreite c bzw. der Faltenbreite e und von der Sacklänge a.

7. Erläuterung

Formeln zur Berechnung des Volumens gefüllter Säcke wurden zuerst von Kühnel entwickelt (Kühnel, M.: Sackformate – Sackinhalt. Verpackungs-Rdsch. 13 (1962) Nr. 7, Techn.-wiss. Beilage, S. 59–60). Sie dienten u. a. zur Ermittlung des Füllstandes. Die sich ergebenden Volumina waren jedoch verhältnismäßig groß. Preisker und Staab gaben, darauf aufbauend, neue Formeln zur Berechnung der Volumina an (Preisker, B., u. P. Staab: Theoretische Untersuchung zur optimalen Auswahl von Säcken. Die Verpackung 10 (1969) Nr. 3, S. 82–83, und: Graphische Berechnung der optimalen Füllung von Säcken aus Papier und textilen Geweben. Die Verpackung 11 (1970) Nr. 5, S. 168–170). Besonders aber brachte Hakalax die Berechnung von Volumen und Abmessungen gefüllter Säcke voran (Hakalax, R.: Dimensioning of valve sacks – Papersäckchen mitoitus. Pakkaus (1972) Nr. 9, S. 43–45). Sein Ergebnis wurde als Grundlage für die Tätigkeit des ISO TC 122/SC2/WG1 verwendet (ISO TC 122/SC2/WG1: Methods for estimating the filled volumes of multiwall paper sacks. Mai 1981)¹.

Eine stichprobenartige Überprüfung ergab die Entscheidung zugunsten der vorstehend ausgewählten Formeln. Dabei wurde z. T. den ursprünglichen Gleichungen von Hakalax der Vorzug gegeben. (Siehe dazu auch Penzkofer, J.: Über den Einfluß der Sackabmessungen auf das Stoßverhalten von Papiersäcken. Verpackungs-Rdsch. 24 (1973) Nr. 11, Techn.-wiss. Beilage S. 85–91.) Die Formeln wurden für Papiersäcke entwickelt. Wie stichprobenhafte Prüfungen zeigten, steht ihrer Anwendung für Kunststoffsäcke jedoch nichts im Wege.

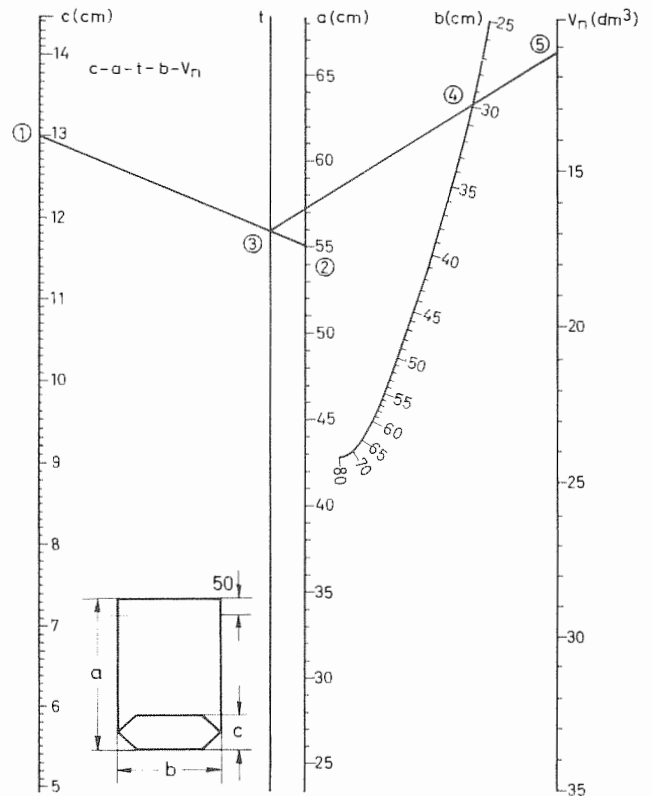
8. Hinweis

Auf Grundlage des vorstehenden Merkblattes wurden 3 Programme für einen alphanumerischen Taschenrechner entwickelt, mittels deren das Volumen, die Befüllmaße eines Sackes, bzw. die Fertigungsmaße aus einem vorgegebenen Volumen oder Modul ohne die Nomo- und Diagramme schnell errechnet werden können.²

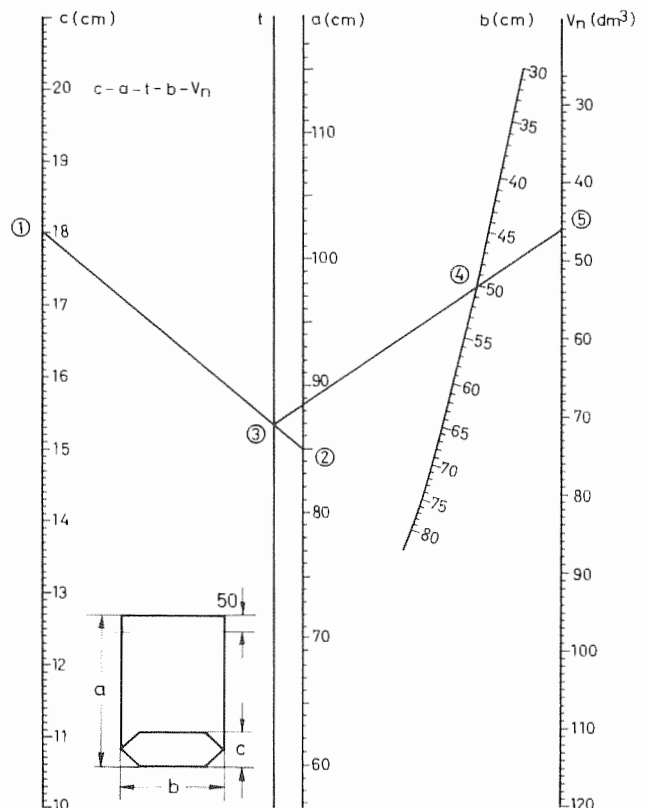
¹ Siehe auch: ISO TECHNICAL REPORT (ISO/TR) 8281/1 „Packaging – Estimating the filled volume using the flat dimensions – Part 1: Paper sacks“ als Ergebnis der Arbeit des oben genannten ISO-Gremiums.

² Bezugsmöglichkeiten für den Taschenrechner nebst Programmen sind bei der Forschungsgemeinschaft zu erfragen.

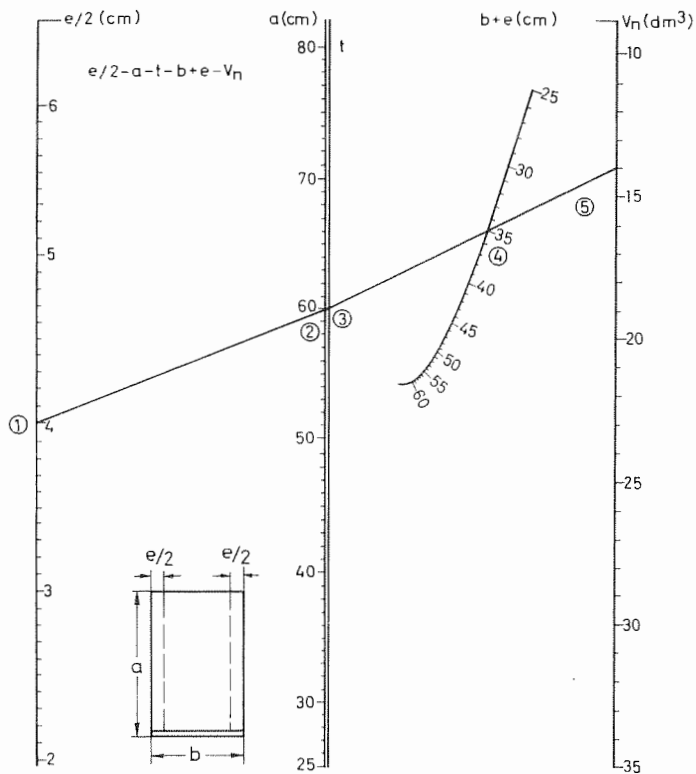
9. Anhang: Nomogramme und Diagramme



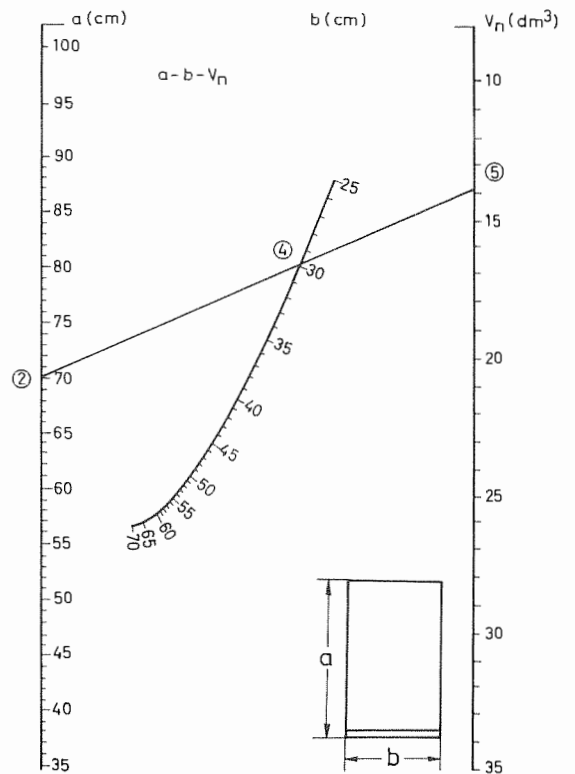
Nomogramm 1: Form A1, Kreuzbodensack – 10 bis 35 dm³



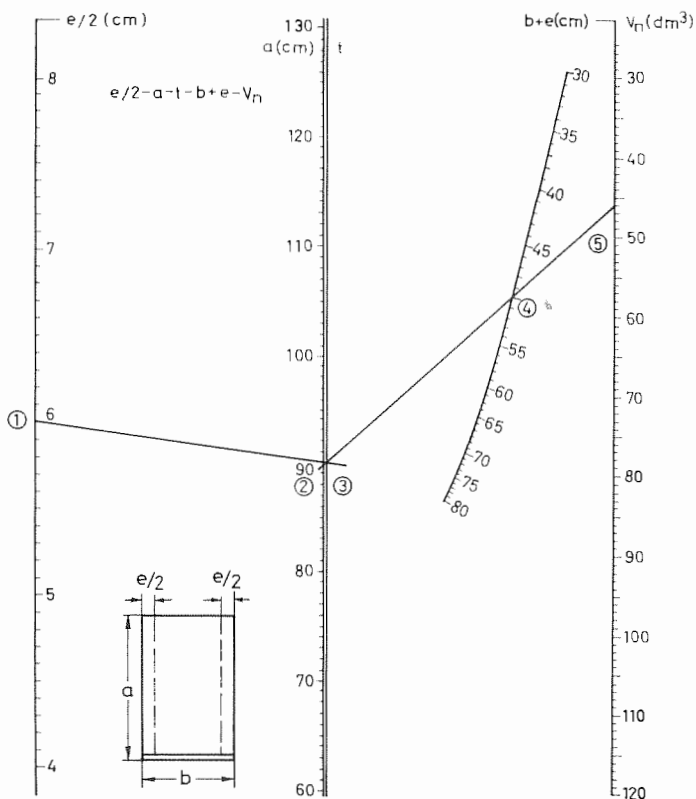
Nomogramm 2: Form A1, Kreuzbodensack – 30 bis 120 dm³



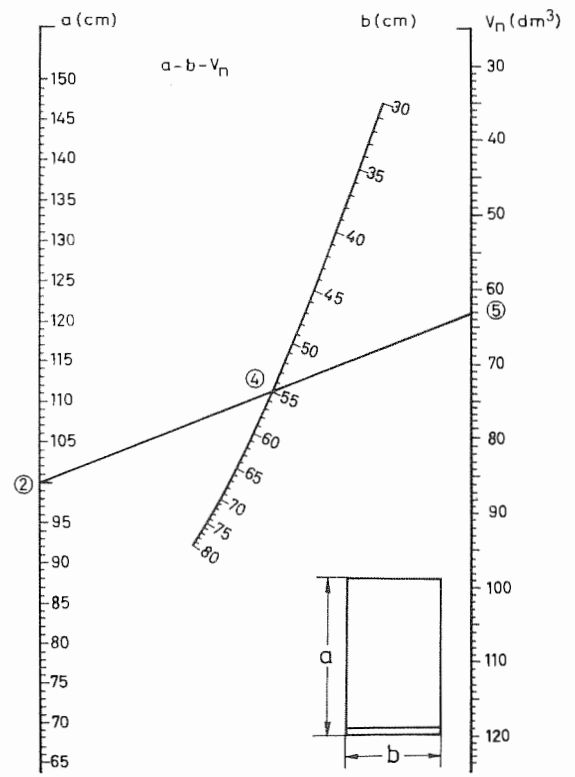
Nomogramm 3: Form A2, Faltensack – 10 bis 35 dm³



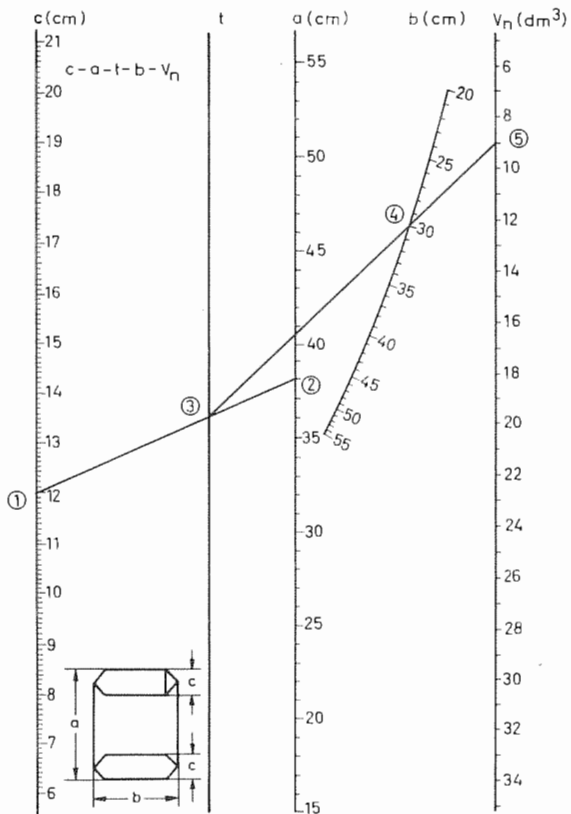
Nomogramm 5: Form A4, Flachsack – 10 bis 35 dm³



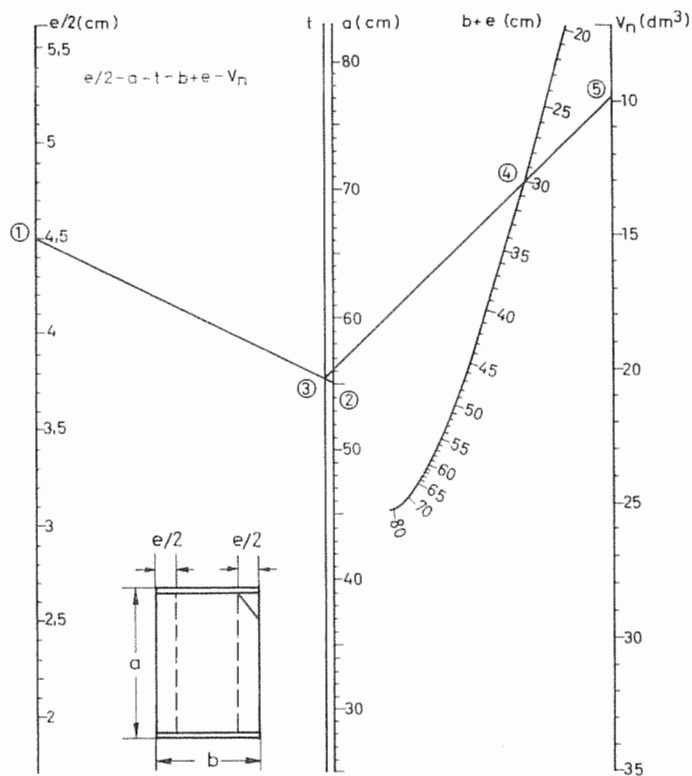
Nomogramm 4: Form A2, Faltensack – 30 bis 120 dm³



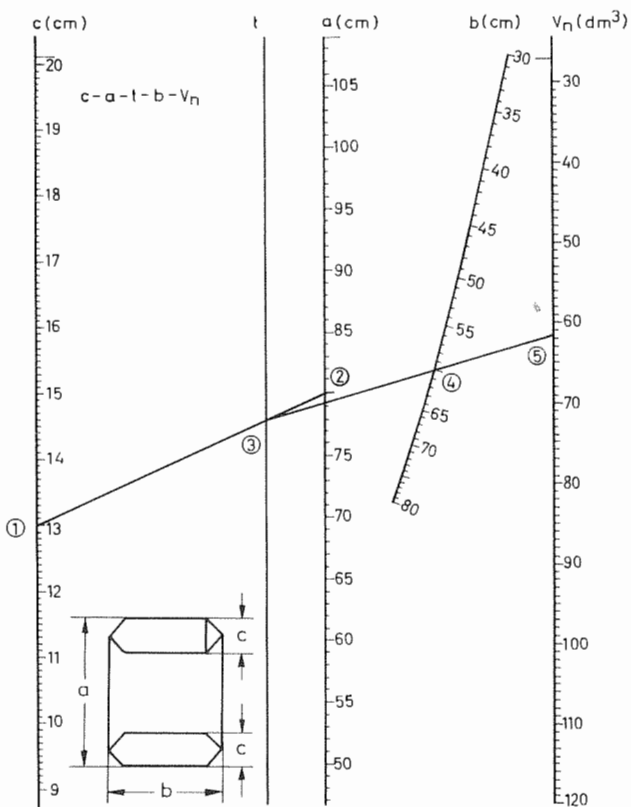
Nomogramm 6: Form A4, Flachsack – 30 bis 120 dm³



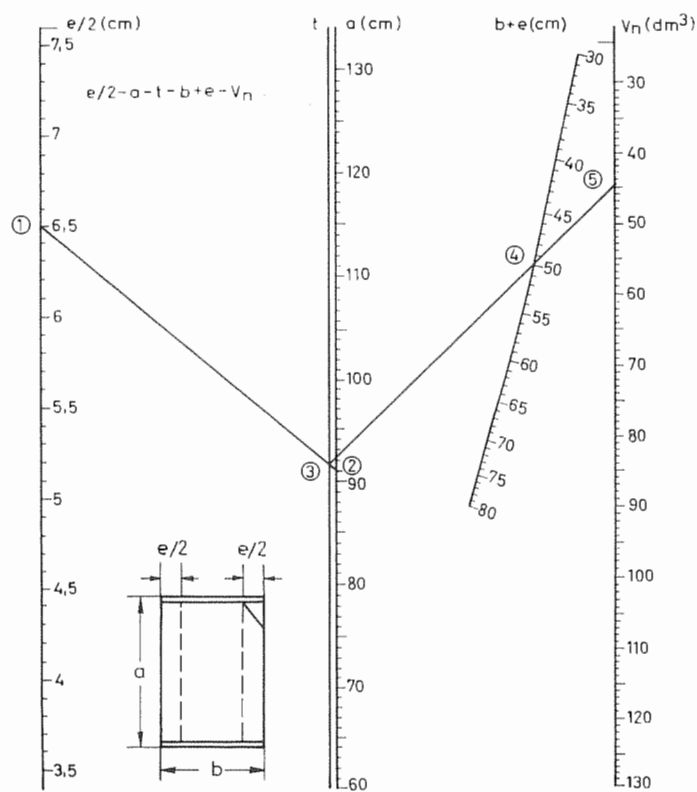
Nomogramm 7: Form B1, Ventilbodensack – 6 bis 34 dm³



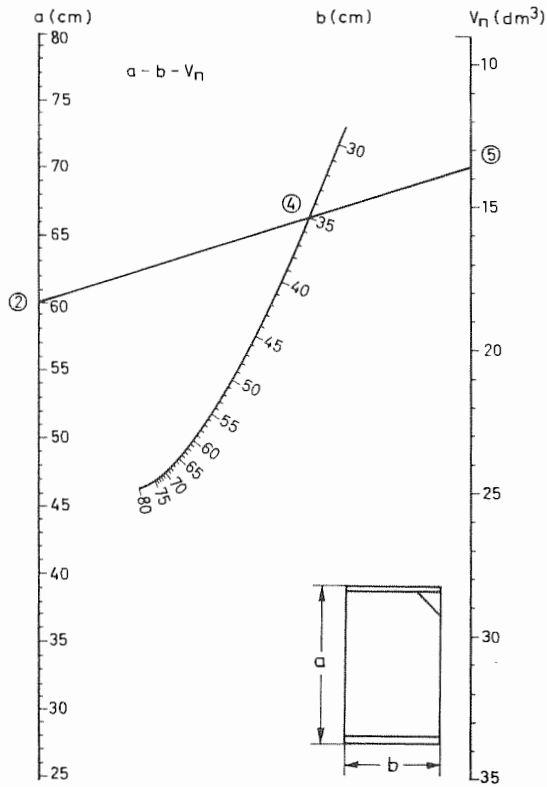
Nomogramm 9: Form B2, Ventilfaltensack – 10 bis 35 dm³



Nomogramm 8: Form B1, Ventilbodensack – 30 bis 120 dm³



Nomogramm 10: Form B2, Ventilfaltensack – 30 bis 130 dm³



Nomogramm 11: Form B3, Ventilflachsack - 10 bis 35 dm³

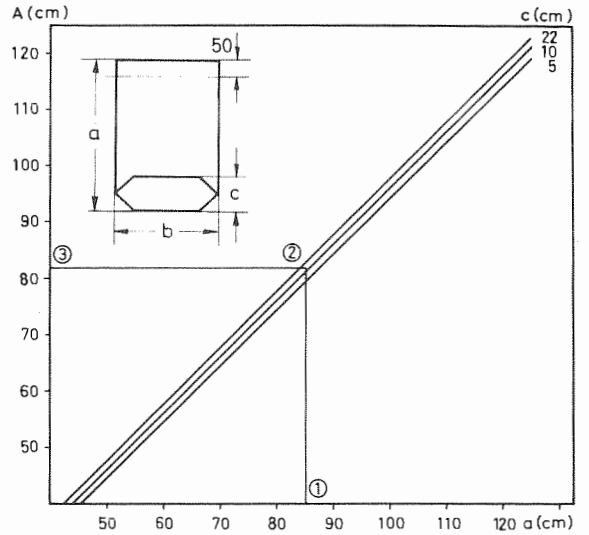
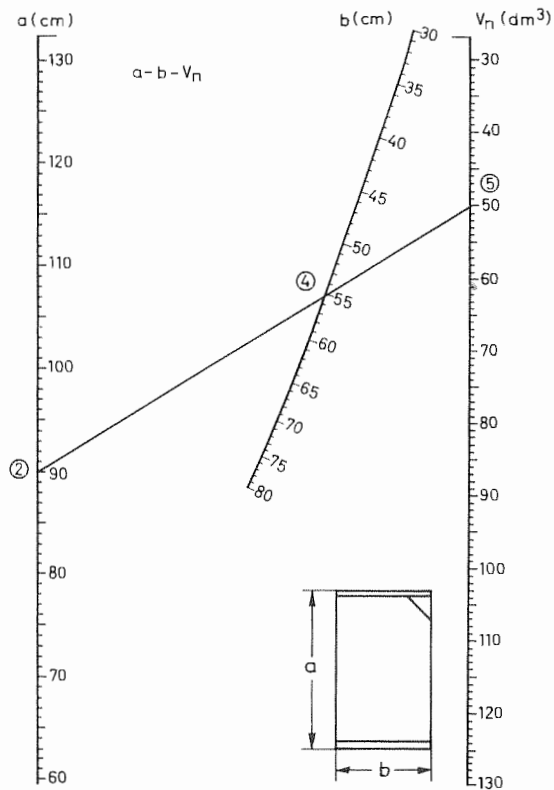
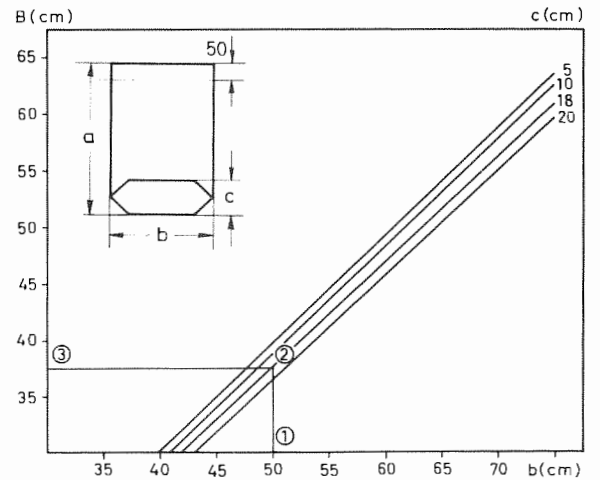


Diagramm 1: Form A1, Kreuzbodensack befüllt - Maße A und B



Nomogramm 12: Form B3, Ventilflachsack - 30 bis 130 dm³

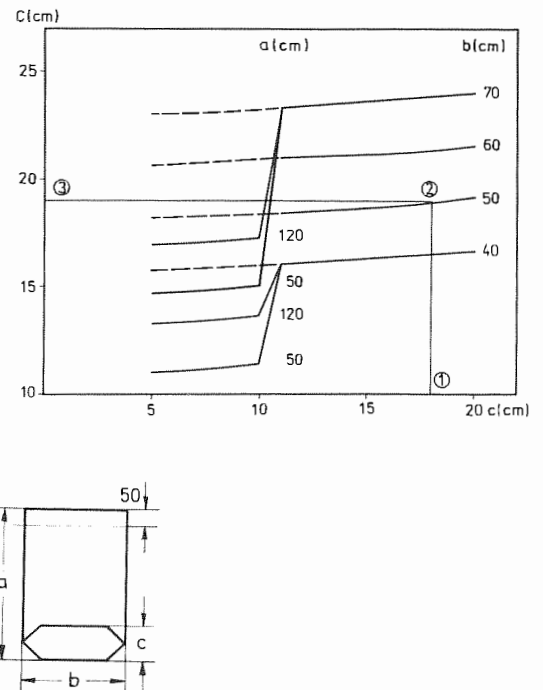


Diagramm 2: Form A1, Kreuzbodensack befüllt - Maß C

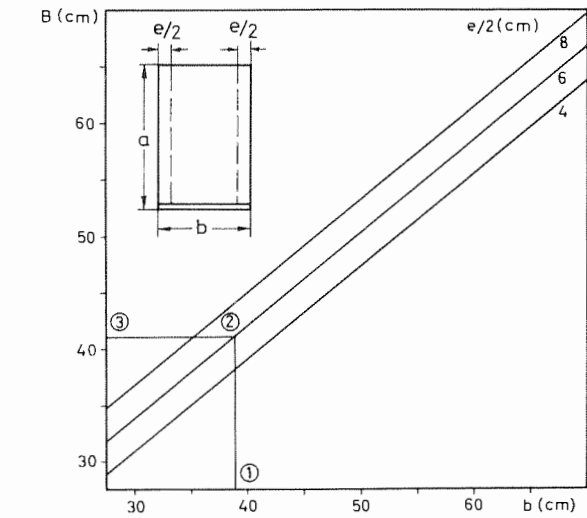
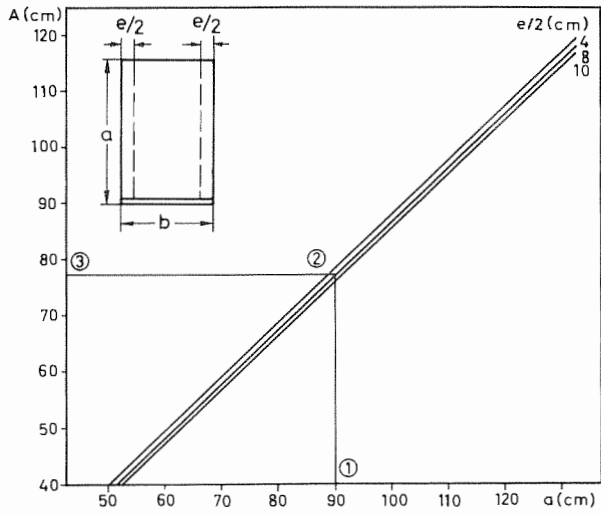


Diagramm 3: Form A2, Faltensack befüllt – Maße A und B

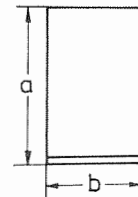
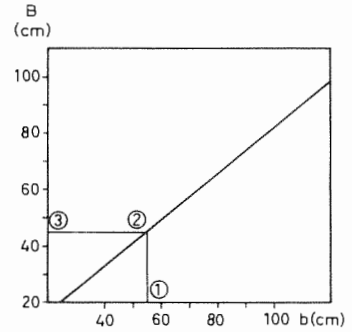
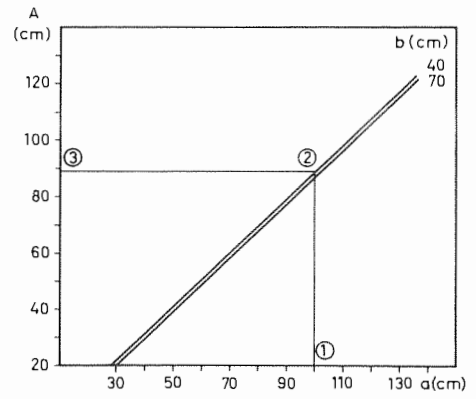


Diagramm 5: Form A4, Flachsack befüllt – Maße A und B

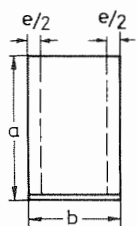
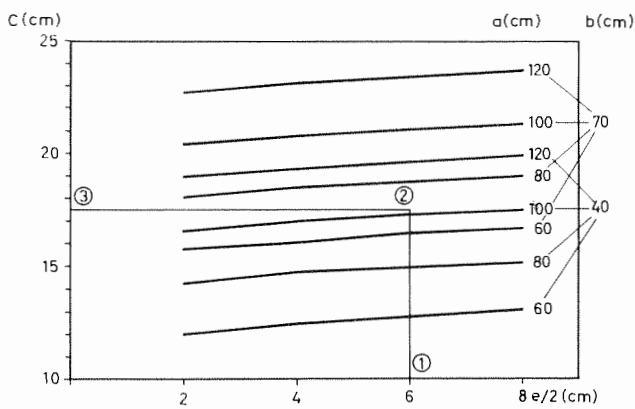


Diagramm 4: Form A2, Faltensack befüllt – Maß C

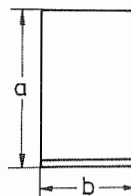
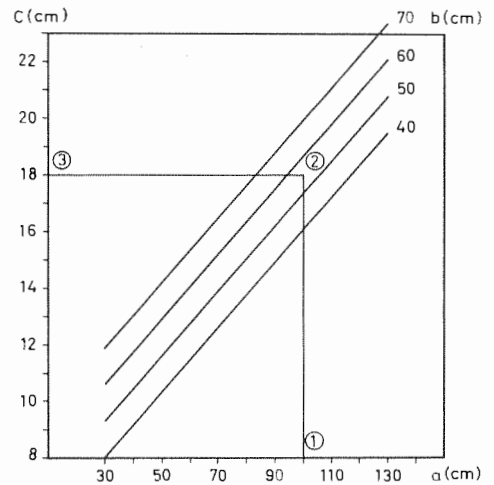


Diagramm 6: Form A4, Flachsack befüllt – Maß C

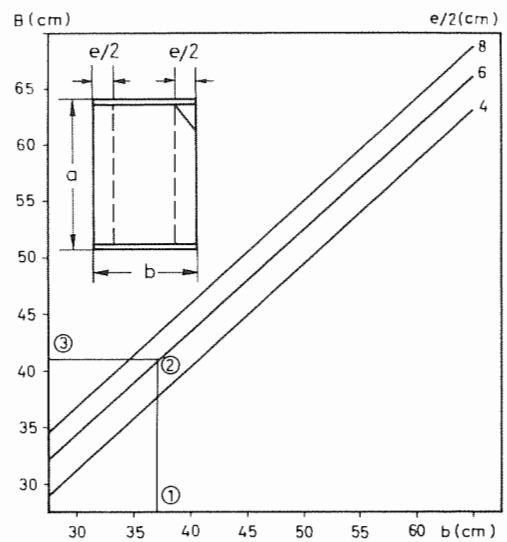
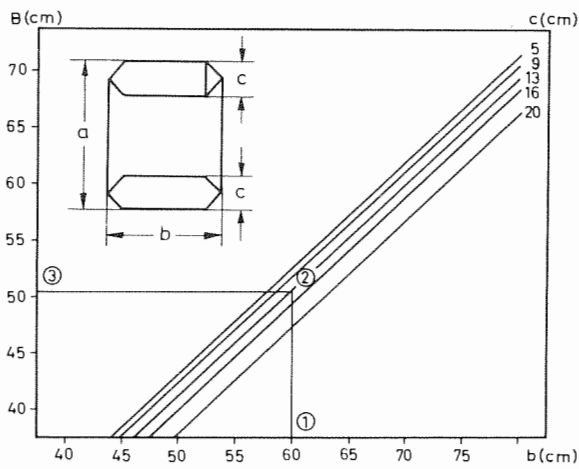
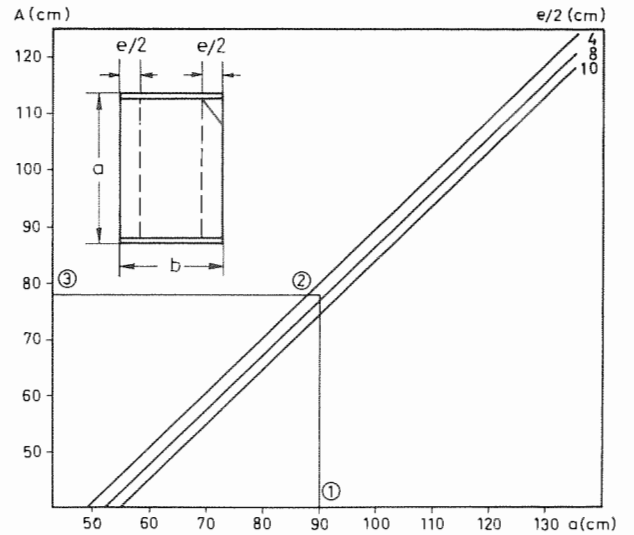
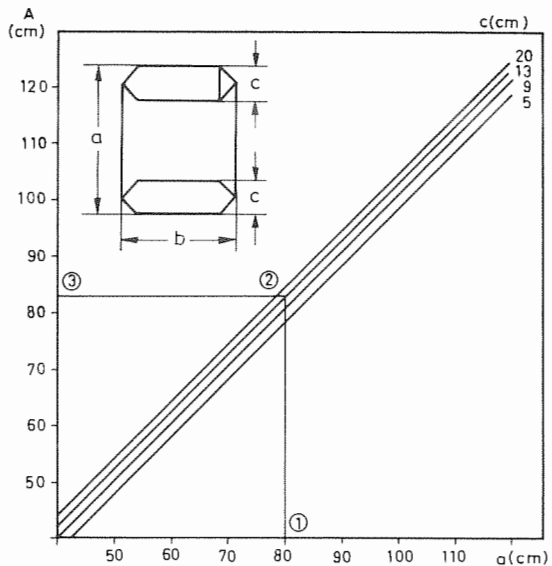


Diagramm 7: Form B1, Ventilbodensack befüllt - Maße A und B

Diagramm 9: Form B2, Ventilfaltensack befüllt - Maße A und B

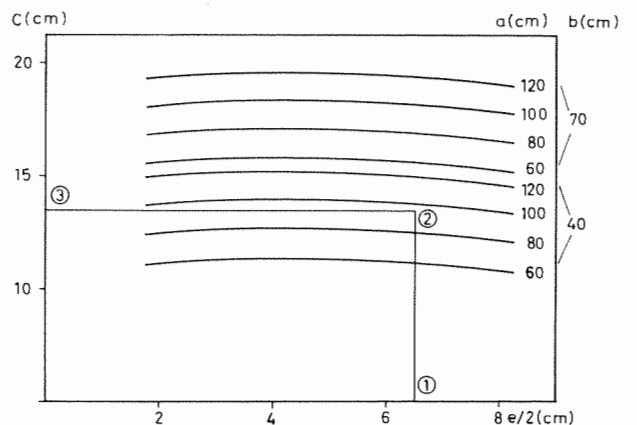
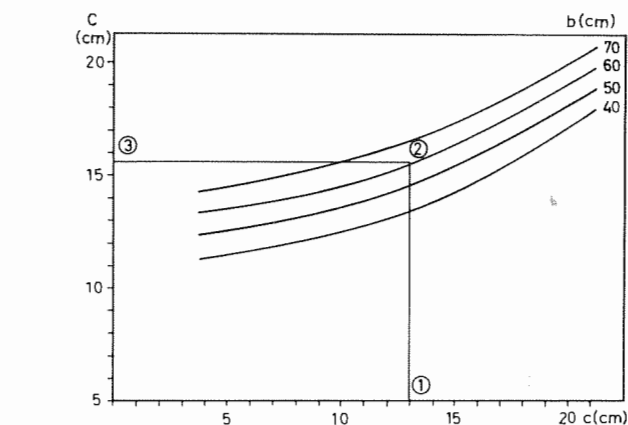


Diagramm 8: Form B1, Ventilbodensack befüllt - Maß C

Diagramm 10: Form B2, Ventilfaltensack befüllt - Maß C

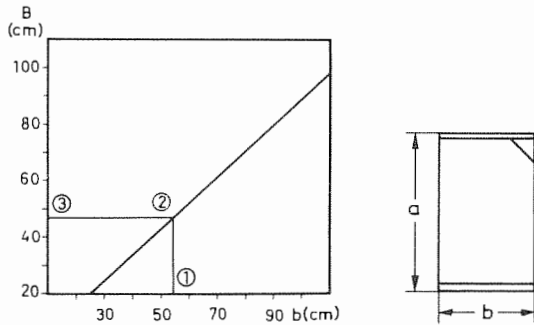
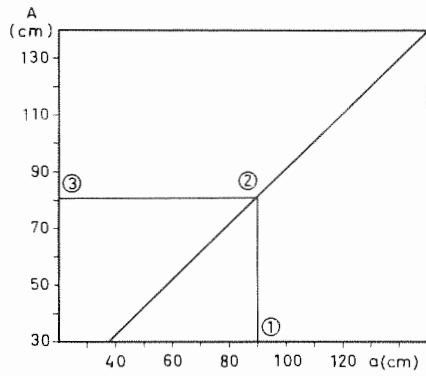


Diagramm 11: Form B3, Ventillachsack befüllt – Maße A und B

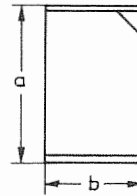
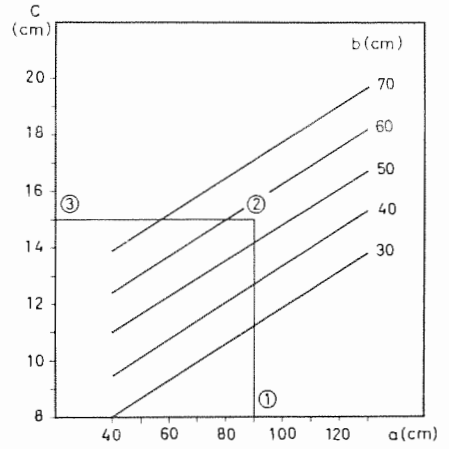


Diagramm 12: Form B3, Ventillachsack befüllt – Maß C.