

# Erläuterungen zur Berechnung der vorhandenen Masse von hochentzündlichem Biogas in Biogasanlagen zur Prüfung der Anwendung der StörfallV

## 1. Grundlagen

Zur Prüfung der Anwendbarkeit der StörfallV auf Betriebsbereiche, die Biogasanlagen enthalten, muss das Vorhandensein gefährlicher Stoffe darin gemäß Anhang I StörfallV geprüft werden.

Erster erforderlicher Schritt ist die Bestimmung des Betriebsbereiches gem. § 3 (5a) BImSchG. Dieser kann mehr als die/eine Biogasanlage umfassen.

Zweiter erforderlicher Schritt ist die Prüfung der Masse an vorhandenem, hochentzündlichem Biogas und ggf. Hydrolysegas. Zu deren Berechnung ist die Kenntnis der vorhandenen Dichte und der Volumina des vorhandenen Bio- und ggf. Hydrolysegases erforderlich. Untenstehend wird hierfür eine Vorgehensweise vorgeschlagen. Volumina in denen kein hochentzündliches Biogas vorhanden sein kann – z.B. offene Becken mit natürlicher Lüftung – sind dabei nicht zu berücksichtigen.

Soweit diese Prüfung nicht bereits ergibt, dass die Schwelle der Nr. 8 Spalte 5 in Anhang I StörfallV erreicht oder überschritten wird und damit die „erweiterten Pflichten“ der StörfallV anwendbar sind, ist im dritten Schritt eine Prüfung der sonstigen, vorhanden gefährlichen Stoffe gemäß Anhang I StörfallV erforderlich. Analog ist zu verfahren, wenn die ermittelte Masse an Biogas die Mengenschwellen der Nr. 8 Spalte 4 in Anhang I StörfallV nicht erreicht. In beiden Fällen sind insbesondere die Regelungen zur Addition von Stoffmassen (vgl. Nr. 4. bis 7 Anhang I StörfallV) zu beachten, nach denen die vorhandene Masse an Biogas z.T. zu berücksichtigen ist.

Soweit davon auszugehen ist, dass gefährliche Stoffe gemäß Anhang I StörfallV bei einem außer Kontrolle geratenen industriellen chemischen Verfahren anfallen, sind die entsprechenden Massen bei den Prüfungen zu berücksichtigen.

### **Relevante Definitionen:**

Die StörfallV definiert das Vorhandensein von Stoffen wie folgt:

*„Vorhandensein gefährlicher Stoffe:*

*das tatsächliche oder vorgesehene Vorhandensein gefährlicher Stoffe oder ihr Vorhandensein, soweit davon auszugehen ist, dass sie bei einem außer Kontrolle geratenen industriellen chemischen Verfahren anfallen, und zwar in Mengen, die die in Anhang I genannten Mengenschwellen erreichen oder überschreiten.“*

Weiter bestimmt Anhang I Nr. 4 Satz 1 StörfallV:

*„Die für die Anwendung der einschlägigen Vorschriften zu berücksichtigenden Mengen sind die Höchstmengen, die zu irgendeinem Zeitpunkt vorhanden sind oder vorhanden sein können.“*

Der Begriff des Betriebsbereichs wird in § 3 Abs. 5a BImSchG wie folgt definiert:

*„Ein Betriebsbereich ist der gesamte unter der Aufsicht eines Betreibers stehende Bereich, in dem gefährliche Stoffe im Sinne des Artikels 3 Nr. 4 der Richtlinie 96/82/EG des Rates vom 9. Dezember 1996 zur Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen (ABl. EG 1997 Nr. L 10 S. 13), geändert durch die Richtlinie 2003/105/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2003 (ABl. EU Nr. L 345 S. 97), in einer oder mehreren Anlagen einschließlich gemeinsamer oder verbundener Infrastrukturen und Tätigkeiten einschließlich Lagerung im Sinne des Artikels 3 Nr. 8 der Richtlinie in den in Artikel 2 der Richtlinie bezeichneten Mengen tat-*

*sächlich vorhanden oder vorgesehen sind oder vorhanden sein werden, soweit davon auszugehen ist, dass die genannten gefährlichen Stoffe bei einem außer Kontrolle geratenen industriellen chemischen Verfahren anfallen; ausgenommen sind die in Artikel 4 der Richtlinie 96/82/EG angeführten Einrichtungen, Gefahren und Tätigkeiten.“*

Weitere Hinweise sind der Vollzugshilfe des BMU zur StörfallV zu entnehmen.

[http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/vollzugshilfe\\_stoerfall\\_vo.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/vollzugshilfe_stoerfall_vo.pdf)

**Hinweise:**

Auf Erdgasqualität aufbereitetes Biogas ist störfallrechtlich der Nr. 11 des Anhangs I der Störfall-Verordnung zuzuordnen.

Für die Berechnung der vorhandenen Menge an Biogas ist im Regelfall eine Dichte von 1,3 kg/m<sup>3</sup> für Biogas zu verwenden.

## 2. Vorgehensweise

### 2.1. Dichte

Zunächst ist Kenntnis der Dichte des hochentzündlichen Bio- und ggf. Hydrolysegases, die vorhanden ist oder sein kann, erforderlich. Analog zu Anhang I Nr. 4 StörfallV muss dies die maximale, vorhandene Dichte sein.

Soweit die maximale, vorhandene Dichte nicht im Rahmen einer Genehmigung bestimmt ist (z.B. in den Antragsunterlagen) kann diese aus der Gaszusammensetzung errechnet werden, soweit diese entsprechend bestimmt ist.

Soweit die erforderlichen Informationen fehlen, wird empfohlen mit einer Dichte von  $1,3 \text{ kg/m}^3$  zu rechnen. (Dieser Wert in Allgemeines!E36 wird bei Eingabe abweichender Gaszusammensetzung im Blatt „Gaszusammensetzung“ automatisch überschrieben).

Ist eine Hydrolysestufe vorhanden, so ist deren Volumen separat einzutragen. Es wird vorgeschlagen, für das Gas der Hydrolyse eine Zusammensetzung von  $\text{CO}_2/\text{H}_2$  von 50/50 anzusetzen. (Der daraus folgende Wert in Allgemeines!E 40 wird bei Eingabe von abweichenden Werten im Blatt „Gaszusammensetzung“ automatisch überschrieben.)

Im Blatt „Allgemeines“ sind für die Dichte des Biogases und des Hydrolysegases die empfohlenen Standardwerte vorgegeben. Diese vorgegebenen Werte für die Gaszusammensetzungen können durch Eingaben im Blatt „Gaszusammensetzung“ überschrieben werden.

Bei Eingabe von Daten im Blatt „Gaszusammensetzung“ entweder im Bereich „1. Berechnung der Dichte von Biogas für alle Anlagenteile“ (links) oder im Bereich „2. Berechnung der Dichte für einzelne Anlagenteile“ werden diese Standardwerte überschrieben.

Dies kann

- 1.) entweder für die Zusammensetzung von Biogas in allen Anlagenteilen und/oder die Hydrolysestufe erfolgen (linke Seite)
- 2.) oder für jede Gruppe von Anlagenteilen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Zusammensetzungen in jeder Gruppe (rechte Seite).

Bei 1.) sind die Werte für "vorhandenes Biogas" (Allgemeines!C7:C8) und/oder "vorhandenes Hydrolysegas" (Allgemeines!C20:C21) zu überschreiben.

Bei 2.) sind die Werte für die Zusammensetzung des Gases in vol% für Gruppen von Anlagenteilen einzugeben, wobei dies dann für **jede** vorhandene Gruppe erfolgen muss (d.h. nur Hydrolyse, Gasspeicher und „sonstiges“ können ggf. entfallen). Die Summe **muss 100%** ergeben. Das Programm prüft dann, ob das entsprechende Gas gemäß der ISO 10156 hochentzündlich ist.

**Ist dies nicht der Fall, können Volumina entsprechender Anlagenteile bei der Eingabe auf den nachfolgenden Blättern entfallen, wenn ein Nachweis von einer Messstelle nach § 26 BImSchG oder einer ZÜS für den Bereich Ex-Schutz, dass verfahrens- oder anlagenbedingt kein hochentzündliches Gasgemisch gemäß ISO 10156 und StörfallV "vorhanden" sein kann, vorliegt.**

Soweit ein derartiger Nachweis nicht vorliegt, sind auch die entsprechenden Volumina zu berücksichtigen.

Anmerkung:

Die in den Sicherheitsregeln der BG-Landwirtschaft angegebene Dichte von  $1,2 \text{ kg/m}^3$  gilt für einen mittleren Betriebswert (übliche Methankonzentration) und deckt damit die Konservativitätsforderung das „Vorhandenseins“ nach StörfallV nicht ab, da bei ungünstigen, aber vorgesehenen und tatsächlich eintretenden Betriebszuständen auch geringere Methan- und höhere Kohlendioxidkonzentrationen mit der Folge höherer Gasdichten auftreten können.

## 2.2. Berechnung der Gasvolumina

Zur Berechnung des Gasvolumens im Betriebsbereich sind die Teilvolumina, die zu irgendeinem Zeitpunkt des bestimmungsgemäßen Betriebs vorhanden sind, zu berechnen. Dies sind entweder die in einer Genehmigung bestimmten Volumina (Größen) oder die technisch maximal möglichen Volumina (Größen).

Soweit Ergebnisse von Messungen vorliegen, können diese statt der Berechnungen genutzt werden.

Bei der Berechnung ist zwischen Behältern, die unter möglichem Vorhandensein hochentzündlicher Gase mit konstanten Füllständen betrieben werden (z.B. „Gärbehältern“, Fermentern, Nachgärbehältern), und solchen Behältern, die unter möglichem Vorhandensein hochentzündlicher Gase mit wechselnden Füllständen (z.B. „Gärrestelager“, Vorlagen) betrieben werden, zu unterscheiden.

Volumina in denen kein hochentzündliches Biogas vorhanden sein kann – z.B. offene Becken mit natürlicher Lüftung – sind dabei nicht zu berücksichtigen.

Diese pessimale Betrachtung vorhandener Stoffvolumina sollte vor dem Hintergrund real möglicher Betriebszustände erfolgen.

### 2.2.1 Volumina gasdichter Behälter, die im Normalbetrieb gefüllt betrieben werden

Volumina gasdichter Behälter, die im Normalbetrieb gefüllt betrieben werden (Gärbehälter, Fermenter, ggf. Nachgärbehälter etc., die der Erzeugung von Biogas dienen und lediglich im Rahmen der Instandhaltung entleert werden) werden wie folgt angerechnet:

- Freibord + Dachbereich
- Für die Berücksichtigung von Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten, bei denen Behälter entleert werden, wird zusätzlich das Volumen des zylindrischen Teils des größten Fermenters oder Nachgärers addiert (d.h. das Volumen des gesamten Behälters berücksichtigt).  
Alternativ zu der pauschalen Betrachtung eines zusätzlichen Behälters kann die Berechnung auf der Grundlage einer Betriebsanweisung für die In- und Außerbetriebnahme der Behälter erfolgen. Mit dieser Betriebsanweisung, die im Genehmigungsbescheid eingebunden wird, muss nachgewiesen werden, dass bei In- und Außerbetriebnahme der Behälter kein zusätzliches Gasvolumen entstehen kann oder mit welchen Mengen dabei zu rechnen ist.
- Zu diesen Behältern gehören auch Hygienisierungsbehälter, soweit sie an Gaserfassung angeschlossen sind.
- Ein Freibord von 0,6 m ist üblich. Bei Einsatz eiweiß- oder fetthaltiger Substrate ist wegen Schaumbildung i.d.R. ein Freibord von 1 m einzuhalten.

### 2.2.2 Volumina gasdichter Behälter, die zur Substratausbringung entleert werden

Volumina gasdichter Behälter, die zur Substratausbringung entleert werden (Kombibehälter, Gärrestelager etc.) werden, abzüglich des betriebstechnischen Mindestvolumens an Substrat, vollständig berücksichtigt.

### 2.2.3 Sonstige Behälter oder abgedeckter Endlager für vollständig vergorenes Substrat

Die Volumina sonstiger Behälter oder abgedeckter Endlager für vollständig vergorenes Substrat (i.d.R. vierte Stufe), *die nicht beheizt werden und nicht mit dem Biogassystem verbunden sind*, werden **berücksichtigt, es sei denn**, durch ein Messprogramm (insbesondere hinsichtlich CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>) einer Messstelle nach § 26 BImSchG oder einer ZÜS für den

Bereich Ex-Schutz **wird der Nachweis erbracht, dass die untere Explosionsgrenze verfahrens- oder anlagenbedingt nicht überschritten werden kann**, d.h. kein hochentzündliches Gasgemisch gemäß StörfallV „vorhanden“ sein kann.

Für eine vollständige Vergärung ist in der Regel eine Verweilzeit von 100 Tagen in Gärbehältern erforderlich.

Geruchsmindernd abgedeckte Vorlagebehälter oder geruchsmindernd abgedeckte, hinter einem Separator angeordnete Endlager ohne relevanten Feststoffanteil, die nicht beheizt werden und nicht mit dem Biogassystem verbunden sind, können unberücksichtigt bleiben.

#### **2.2.4 Speicher für Biogas**

Das Volumen aller Speicher für Biogas (Behälter oder Foliensäcke) wird vollständig berücksichtigt.

#### **2.2.5 Biogasführende Rohrleitungen**

Das Volumen aller biogasführender Rohrleitungen wird berücksichtigt. Es wird angenommen, dass dieses Volumen 2% des Volumens sonstiger biogasführender Anlagenteile beträgt.

In Anlagen, deren Teile nahe beieinander aufgestellt sind (keine gasführenden Rohrleitungen länger als 100 m) kann der Rohrleitungsinhalt mit 50 kg angenommen werden (dann ist 50 (kg) manuell in Allgemeines!G32 einzutragen).

Falls das Rohrleitungsvolumen entscheidungserheblich ist, kann eine Eingabe der Abmessungen der Rohrleitungen erfolgen.

#### **2.2.6 Hydrolysestufen**

Das in Hydrolysestufen gebildete Gas unterscheidet sich von sonstigem Biogas durch die hohe Konzentration an Wasserstoff. Es wird die Annahme einer Dichte von 1 kg/m<sup>3</sup> einer 50/50 Mischung Kohlendioxid/Wasserstoff bei 15°C vorge schlagen. Diese Zusammensetzung kann überschrieben werden. Das Volumen an Hydrolysegas ist separat einzugeben.

#### **2.2.7 „Bioerdgas“ und Flüssiggase**

Nicht zu dem hochentzündlichen Gas nach Anhang I Nr. 8 StörfallV, sondern zur Nr. 11 sind zu rechnen:

- zu Bioerdgas aufbereitetes Gas (gemäß DVGW-Merkblatt G 262)
- Flüssiggas (z.B. zur Bioerdgasaufbereitung)

### **2.3. Zwischenergebnis**

Die Multiplikation von vorhandener Dichte und vorhandenem Gesamtvolumen liefert die vorhandene Masse an hochentzündlichem Bio- und Hydrolysegas, das der Nr. 8 der Tabelle in Anhang I StörfallV zuzuordnen ist.

Soweit noch andere hochentzündliche Gase gemäß Nr. 8 des Anhangs I StörfallV vorhanden sind, sind diese vor einem Vergleich mit den Spalten 4 und 5 hinzu zu addieren.

### **2.4 Weiterer Prüfungsbedarf**

Soweit diese Prüfung nicht bereits ergibt, dass die Schwelle der Nr. 8 Spalte 5 in Anhang I StörfallV erreicht oder überschritten wird und damit die „erweiterten Pflichten“ der StörfallV anwendbar sind, ist im nächsten Schritt eine Prüfung der sonstigen, vorhanden gefährlichen Stoffe gemäß Anhang I StörfallV erforderlich.

Analog ist zu verfahren, wenn die ermittelte Masse an Biogas die Mengenschwellen der Nr. 8 Spalte 4 in Anhang I StörfallV nicht erreicht.

In beiden Fällen sind insbesondere die Regelungen zur Addition von Stoffmassen (vgl. Nr. 4. bis 7 Anhang I StörfallV) zu beachten, nach denen die vorhandene Masse an Biogas z.T. zu berücksichtigen ist.

Weitere gefährliche Stoffe wie z.B.

- Flüssiggas
- Treibstoffe
- Heizöl
- Pflanzenschutzmittel
- Düngemittel

sind entsprechend der Regeln des Anhang I StörfallV zu berücksichtigen.

Aufbereitetes Bioerdgas und hochentzündliche, verflüssigte Gase sind hierbei der Nr. 11 der Tabelle des Anhangs I StörfallV zuzuordnen.

### 3. Berechnungsformeln für die Gasvolumina

Zur Berechnung der für Biogas genutzten Volumina in Anlagenteilen für die gängigen Bauweisen werden einfache, geometrische Formeln genutzt. Aufgrund der Vereinfachung ist kein Rechenprogramm erforderlich. Sich durch Vereinfachungen ergebende Ungenauigkeiten sind zu beachten.

#### 3.1. Gärbehälter, Fermenter, Nachgärbehälter

(Behältern, die unter möglichem Vorhandensein von hochentzündlichem Biogas mit konstanten Füllständen betrieben werden.)

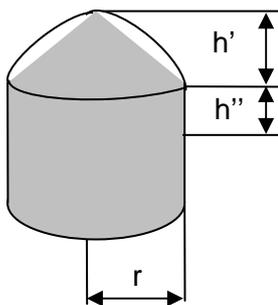
Die Größen  $h'$  und  $h''$  stehen für Höhen im Gasraum.

Soweit diese Werte in einer Genehmigung bestimmt sind (z.B. in den Antragsunterlagen angegeben), sind diese Werte zu nutzen. Soweit keine Genehmigung vorliegt oder die Werte darin nicht bestimmt sind, sind die technisch maximal möglichen Werte zu nutzen.

Ein Freibord von 0,6 m ist üblich. Bei Einsatz eiweiß- oder fetthaltiger Substrate ist wegen Schaumbildung i.d.R. ein Freibord von 1 m einzuhalten.

#### Zylindrischer stehender Behälter mit aufgesetztem Kegel

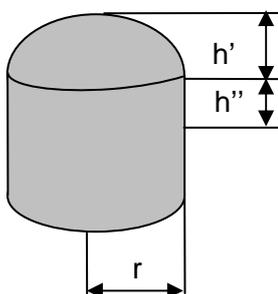
(z.B. mit Innen- und Außenfolie)



$$V = (\pi \cdot r^2 \cdot h'') + (\pi \cdot 1/3 \cdot r^2 \cdot h')$$

$h'$  ist die Höhe der inneren Folie.

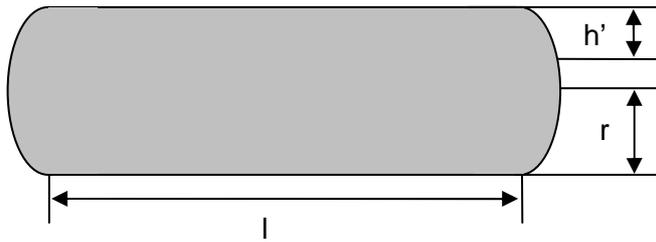
#### Zylindrischer stehender Behälter mit aufgesetztem Kugelsegment (incl. Halbkugel ( $h'=r$ )) (z.B. Behälter mit einer Folie unter Innendruck)



$$V = (\pi \cdot r^2 \cdot h'') + (\pi \cdot h' \cdot 1/6 \cdot (3 \cdot r^2 + h'^2))$$

(Kugelsegmentberechnung statt Berechnung eines Rotationsellipsoidssegmentes, d.h. Näherung für  $r \cong h'$ )

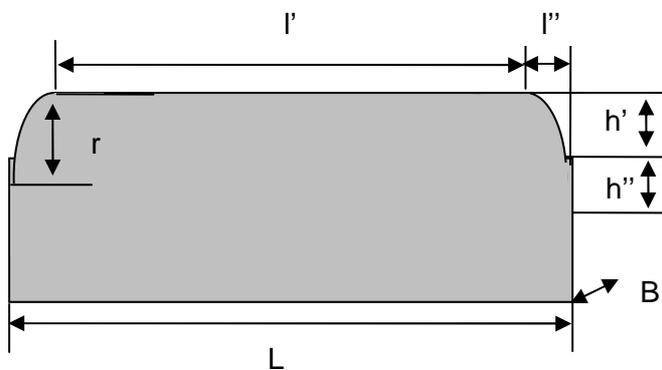
## Propfenstromfermenter



$$V = r^2 \cdot l \cdot (\arccos((r-h)/r) - (r-h) \cdot (2 \cdot r \cdot h - h^2)^{1/2} / r^2) + (\pi \cdot h^2 \cdot l / 3 \cdot (3 \cdot r - h))$$

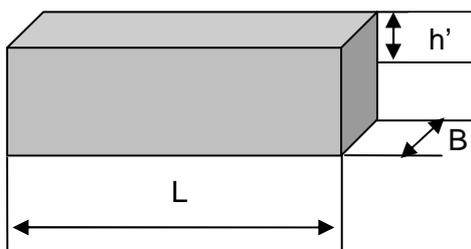
(Näherung der Böden als Halbkugeln, um ein Kugelsegment statt einem Rotationselipsoidsegment zu berechnen)

## Boxenpropfenstromfermenter mit aufgesetztem Gasspeicher



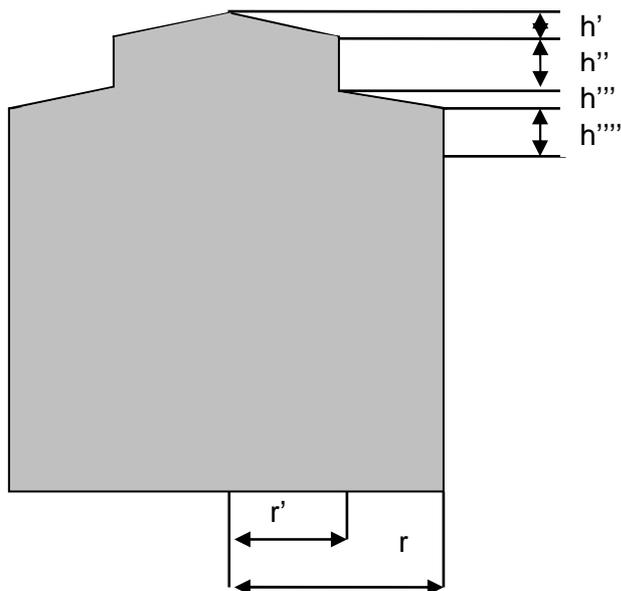
$$V = r^2 \cdot l \cdot (\arccos((r-h)/r) - (r-h) \cdot (2 \cdot r \cdot h - h^2)^{1/2} / r^2) + (\pi \cdot l'' \cdot h'' / 6 \cdot (3 \cdot h'' + l'')) + L \cdot B \cdot h''$$

## Boxen



$$V = L \cdot B \cdot h'$$

## Pfefferkornfermenter



$$V = \Pi \cdot (r^2 \cdot (h'''' + 1/3 \cdot h''') + 1/3 \cdot r' \cdot r' \cdot h''' + r'^2 \cdot (1/3 \cdot h''' + h'' + 1/3 \cdot h'))$$

### 3.2. Gasspeicher

Da die Volumina der Gasspeicher i.d.R. bekannt sein sollten, werden keine Berechnungsverfahren vorgeschlagen.

### 3.3. Gärrestelager

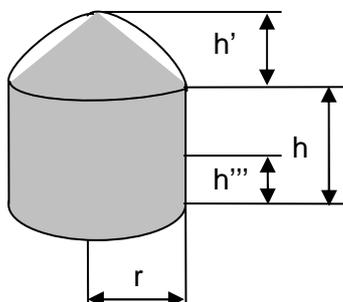
(Behältern, die unter möglichem Vorhandensein von hochentzündlichem Biogas mit wechselnden Füllständen (z.B. Vorlagen, Gärrestelager) betrieben werden.)

Die Größe  $h'$  steht für die Höhe von Volumina für die Gasspeicherung. Die Größe  $h'''$  steht für die Höhe von Flüssigkeitsständen, die bei Entleerung von Gärrestelagern verbleiben.

Soweit diese Werte in einer Genehmigung bestimmt sind (z.B. in den Antragsunterlagen angegeben), sind diese Werte zu nutzen. Soweit keine Genehmigung vorliegt oder die Werte darin nicht bestimmt sind, sind die technisch maximal möglichen Werte zu nutzen.

### Zylindrischer stehender Behälter mit aufgesetztem Kegel unter Druck

(z.B. mit Innen- und Außenfolie)

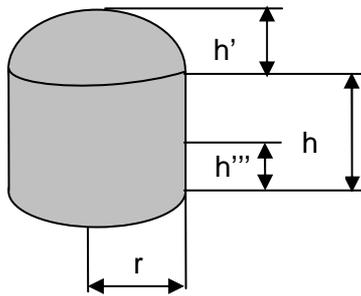


$$V = (\Pi \cdot r^2 \cdot (h - h''')) + (\Pi \cdot 1/3 \cdot r^2 \cdot h')$$

$h'$  ist die Höhe der inneren Folie.

## Zylindrischer stehender Behälter mit aufgesetztem Kugelsegment

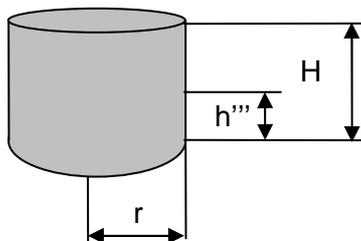
(z.B. Behälter mit einer Folie unter Innendruck)



$$V = (\Pi * r^2 * (h - h''')) + (\Pi * h' * 1/6 * (3 * r^2 + h'^2))$$

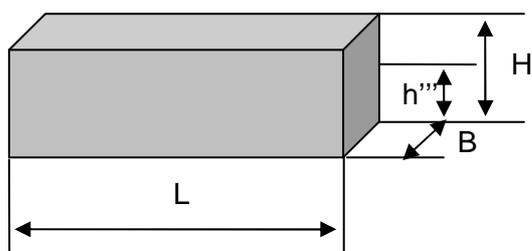
(Kugelsegmentberechnung statt Berechnung eines Rotationselipsoidssegmentes, d.h. Näherung für  $r \cong h'$ )

## Zylindrischer stehender Behälter mit Flachdach



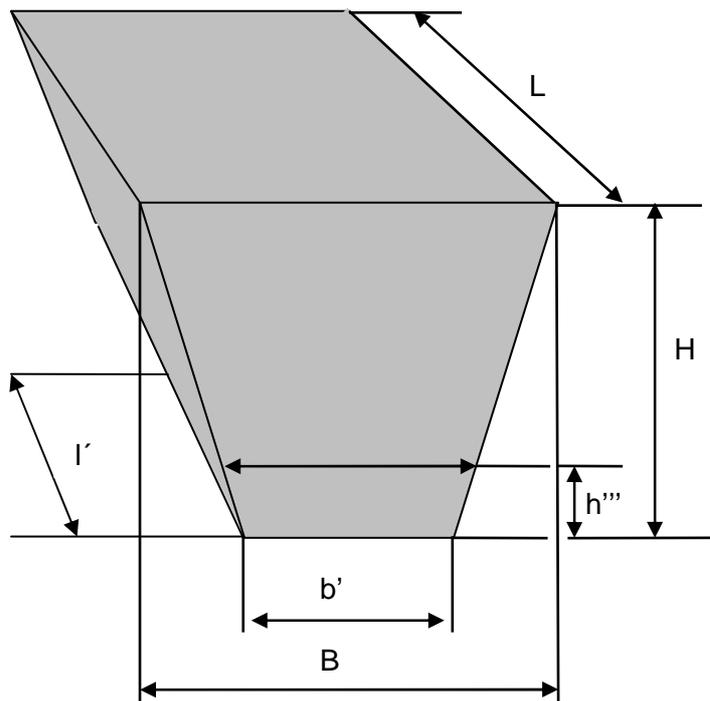
$$V = (\Pi * r^2 * (H - h'''))$$

## Quader



$$V = L * B * h'$$

## Abgedecktes Erdbecken



H ist die gesamte Höhe bzw. Tiefe des Beckens. Die Höhe des technisch bedingten Mindestfüllstandes ist  $h'''$ . Berechnet wird der bei Mindestfüllstand verbleibende Gasraum.

$$V = \frac{1}{3} \cdot (H - h''') \cdot \left( \frac{b' + (B - b') \cdot h''' / H}{H} \right) \cdot \left( l' + (L - l') \cdot \frac{h'''}{H} \right) + \left( \frac{b' + (B - b') \cdot h''' / H}{H} \right) \cdot \left( l' + (L - l') \cdot \frac{h'''}{H} \right) \cdot B \cdot L^{0,5} + B \cdot L$$

### 3.4. Rohrleitungen

Grundsätzlich kann das Volumen in Rohrleitungen mit 2 % des Volumens der anderen Anlagenteile angenommen werden. (Diese Berechnung erfolgt automatisch, falls im Blatt Rohrleitungen keine Eintragung erfolgt.)

In Anlagen, deren Teile nahe beieinander aufgestellt sind (keine gasführenden Rohrleitungen länger als 100 m) kann der Rohrleitungsinhalt mit 50 kg angenommen werden. (dann ist 50 (kg) manuell im Blatt Allgemeines in G32 einzutragen!)

Die alternative Eingabe der Werte einzelner Rohrleitungen sollte nur vorgenommen werden, wenn dies entscheidungserheblich sein kann.

Die Volumina von Rohrleitungen werden mit  $V = \Pi \cdot (D/2)^2 \cdot L$  berechnet.

D kann als DN **oder** in Zoll angegeben werden (Eingabe von beidem führt zur doppelten Berechnung). L sind die lfm Rohrleitung des entsprechenden Durchmessers. Eine gesonderte Berechnung von Rohrbögen erscheint entbehrlich.