

# Zur Bestimmung der Menge von Erdölprodukten in Stehtanks

Autor(en): **Lerch, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **98 (1980)**

Heft 5

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74038>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Im Pflichtenheft findet man Bedingungen betreffend das Produkt « $k$ » · « $t$ » (Durchlassvermögen). Folglich ist es interessant, das Nomogramm unter Zusammenfassung dieser beiden Faktoren darzustellen (Bild 6). Die Wahl eines Vliesstofftyps kann also von einer typischen Bedingung abhängig sein:

Durchlassvermögen ( $T$ ) =  $k \cdot t$  > kritisches Durchlassvermögen ( $T_c$ ). Nachdem der maximale Druck ( $P$ ), dem das Geotextil ausgesetzt wird, bekannt ist, bestimmt man « $e$ » und « $k$ » · « $t$ » =  $T$ , das mit  $T_c$  (kritisches Durchlassvermögen) zu vergleichen ist.

## Schlussfolgerungen

Die Untersuchung der Durchlässigkeit in der Ebene des Vliesstoffs wurde absichtlich nur auf das Material beschränkt. Seine Wechselwirkung mit

dem benachbarten Boden bildet einen Forschungsgegenstand, der noch mehrere Jahre andauern wird. Die Anzahl der zu berücksichtigenden Parameter ist in diesem Fall erheblich: Textiltyp, Bodentyp, Kolmatationskoeffizient, Geschwindigkeit des Wassers im Boden usw.

Wir zweifeln, dass eines Tages eine genaue Lösung gefunden wird. Die vorliegende Untersuchung hat es ermöglicht, die Kurven der kritischen Durchlässigkeitskoeffizienten und der Textildichte hervorzuheben. Sie bedeuten, dass die Durchlässigkeit in der Ebene des sich im Boden befindenden Geotextils vom transversalen maximalen Druck, dem es im Laufe seiner Verwendung unterworfen sein wird, abhängt.

Die sich aus den Versuchsergebnissen ergebenden Nomogramme können den Benutzern hilfreich sein, wenn sie über die Durchlässigkeit oder über das maximale Durchlassvermögen der Geotexti-

lien bei bestimmten Druckverhältnissen, und solange sie noch nicht mit feinen Partikeln gefüllt sind, nähere Auskunft wünschen.

### Literatur

- [1] Puig, J., Blivet: «Remblai à talus vertical armé avec un textile synthétique». Bulletin Liaison Laboratoire des Ponts et Chaussées, no 64, mars-avril 1973.
- [2] Risseeuw, P., van den Elzen, L.W.A.: «Construction sur sol mou avec drainage vertical au moyen de bande non-tissée». Colloque International «Sols et Textile», Paris 1977.

Adresse der Verfasser: J.-M. Rigo, Ingénieur civil des constructions, Collaborateur du C.E.P., Assistant à l'Université, quai Banning 6, B-4000 Liège. J. Perfetti, Ingénieur, route de Civrieux/Massieux, 01.600 Trévoux (France). Prof. K. Gamski, Institut du Génie civil, Université, Quai Banning 6, B-4000 Liège.

# Zur Bestimmung der Menge von Erdölprodukten in Stehtanks

Von H. Lerch, Wabern

**Die Bestimmung von Volumen und Masse («Gewicht») in einem Stehtank ist mit Problemen verbunden. Der Tank ist nicht ideal stabil, Temperaturen spielen eine grosse Rolle. Die Messungen sind nicht einfach durchzuführen. Es wird mit einem möglichen Messfehler von 0,5% (Volumen) bzw. 1% (Masse) gerechnet. Der Vergleich mit Durchlaufzähler und Waage fällt, insbesondere bei der Ermittlung von Teilmengen, zu Ungunsten der Stehtankmessung aus.**

## Übersicht

Bei der Bestimmung von Volumen oder Masse des Inhalts von Stehtanks treten verschiedene Einflussgrössen auf, die zu berücksichtigen sind. Unter einem Stehtank sei hier ein zylindrischer Lagertank aus Stahl mit lotrechter Achse verstanden, wie er zu Einlagerung grosser Mengen von Erdölprodukten verwendet wird. Er weise ein Durchmesser von bis zu 50 m und eine Höhe von ca. 20 bis 25 m auf. Die Querschnittsfläche als Funktion der Höhe wird nach dem Bau des Tanks bestimmt [1, 2, 3, 4, 5]. Um das Volumen der eingelagerten Flüssigkeit zu bestimmen, wird die Höhe des Flüssigkeitsspiegels gemessen. Zu diesem Zweck lässt man vom Dach aus ein mit einem speziellen Gewichtsstück beschwertes Messband eintauchen, bis es die Referenzplatte unten im Tank berührt. Der benetzte Teil des Messbandes ist die Füllhöhe [6]. Aus Querschnittsfläche und Füllhöhe kann man das Volumen berechnen. Sowohl die Flüssigkeit als auch der Stehtank weisen einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten auf. Will man verschiedene Messungen mit-

einander vergleichen, so muss man auf eine Referenztemperatur, meist 15 °C, umrechnen [7]. Dazu wird die aktuelle Temperatur von Flüssigkeit und Tankwand gebraucht [8].

Oft möchte man die Masse (auch «Gewicht» genannt) des Inhaltes kennen. Aus der Dichte und dem Volumen lässt sich die Masse berechnen. Es bieten sich zwei Möglichkeiten an: Entweder werden sowohl Volumen als auch Dichte bei der im Tank herrschenden Temperatur gemessen und miteinander multipliziert, oder es werden Volumen und Temperatur gemessen, das Volumen auf Referenztemperatur umgerechnet, von einer dem Tank entnommenen Probe im Labor die Dichte bestimmt, der Dichtewert auf Referenztemperatur umgerechnet und mit dem umgerechneten Volumen multipliziert.

Für die Messung existieren verschiedene Messgeräte, die je nach Messaufwand einfacher oder komplizierter sind. Neben den oben erwähnten Methoden, die handbediente oder automatische Messbänder, Thermometer und Aräometer benötigen, kann der Inhalt auch mit Durchlaufzählern oder Waagen mit Auftriebskörper bestimmt werden. Je nach der gewünschten Präzision

muss mehr oder weniger Aufwand getrieben werden, um die Menge zu ermitteln.

## Probleme

Obwohl der Tank grundsätzlich als Zylinder konzipiert ist, variiert seine Querschnittsfläche über die Höhe. Durch Messungen [1, 2, 3, 4, 5] lässt sich die Fläche in jeder Höhe bestimmen. Wird der Tank gefüllt, so dehnt er sich unter dem Einfluss der Gewichtskräfte der Flüssigkeit. Hauptsächlich in den unteren Zonen ist die Dehnung bereits zu berücksichtigen, wie das in den Eich Tabellen, die das Eidg. Amt für Messwesen erstellt, der Fall ist. Der Stahl wird mit ungefähr einem Drittel der Bruchfestigkeit verhältnismässig stark belastet, was bei langer Belastungszeit zum Kriechen führen kann: Der Tank wird im Laufe der Zeit langsam grösser. Allerdings ist dieses Kriechen so klein, dass es mit der Feldmessmethode nicht quantitativ nachgewiesen werden konnte. Die Dehnung der Wandbleche bewirkt über die Querkontraktion eine Erniedrigung des oberen Randes. Beim Anbringen von automatischen Niveaumessgeräten, die die Füllhöhe vom Dach aus messen, ist auf diesen, allerdings kleinen, Effekt zu achten. Die Bodenbleche sind nicht ideal steif und liegen nicht auf ihrer ganzen Fläche auf, was ebenfalls zu Messfehlern führen kann. Doppelböden tragen das ihre dazu bei. Die bei der Messung mit eintauchenden Messbändern nötige Referenzplatte unten im Tank kann die Messung verfälschen, wenn sie nicht gut mit dem als steif zu betrachtenden

Fundament verbunden ist. Einbauten im Tank wie Verstärkungen oder Heizungen erschweren die Berechnung des Volumens. Auch Schwimmdecken oder Schwimmdächer, welche die Verdampfungsverluste klein halten sollen, verfälschen wegen den hauptsächlich durch die Manschetten erzeugten Reibkräfte die Ergebnisse. Zur exakten Bestimmung des Volumens muss die Temperatur von Tankwand und Messband bekannt sein. Wird die Füllhöhe mit einem auf dem Dach montierten Schwimmer-Niveaumessgerät bestimmt, so sind Temperaturunterschiede zwischen Tankwand und Peilband von Bedeutung. Damit die absolute Temperatur hier nicht auch noch berücksichtigt werden muss, sind die Peilbänder aus Stahl mit dem gleichen Ausdehnungskoeffizienten wie der Tank gefertigt.

Für die Umrechnung des Volumens auf eine Referenztemperatur muss die Temperatur der Flüssigkeit bekannt sein. Erfahrungsgemäss variiert die Temperatur über das Volumen des Inhalts. Die Temperatur ist deshalb an mehreren Punkten zu messen und gewichtet zu mitteln, was mit viel Aufwand verbunden ist, weil die Flüssigkeiten mit  $0,1\%/K$  (Benzin) verhältnismässig grosse Volumenausdehnungskoeffizienten haben und deshalb eine entsprechend präzise Temperaturmessung nötig machen.

Soll die Dichte bestimmt werden, so schwankt diese ähnlich wie die Temperatur über das Tankvolumen, und es sind ebenfalls mehrere Proben zu messen. Wird die effektive Dichte bestimmt, so ist darauf zu achten, dass sich diese nicht als Folge von Temperaturänderungen zwischen Probenahme und Messung verschiebt. Soll die Dichte später im Labor ermittelt werden, so sind auch die Temperaturen an den Orten, wo die Proben entnommen werden, zu messen.

Für die Messung der Temperatur existieren verschiedene Thermometer. Neben den einfachen Quecksilberthermometern [6, 8] gibt es elektrische Fernthermometer, wobei der Explosions-

schutz die Anwendung erschwert. Zur Messung der Dichte gibt es unseres Wissens kein Messgerät, das erlaubt, die effektive Dichte an verschiedenen Orten im Tank zu messen. Will man die Temperaturmessung umgehen, so muss man deshalb relativ grosse Proben nehmen und die Dichte auf dem Tankdach sofort mit einem Aräometer messen.

### Genauigkeitsabschätzung

Messung und Berechnung der Eichtabellen sind auf eine Genauigkeit von  $\pm 0,2\%$  ausgelegt. Die vom Gesetzgeber geforderte Genauigkeit der Messbänder beträgt  $\pm 0,1$  bis  $0,2\%$  [9]. Unter der Berücksichtigung von Ablesefehlern sollte das Volumen der Flüssigkeit auf besser als  $\pm 0,5\%$  bestimmt werden können. Die für die Umrechnung auf Referenzbedingungen benötigte (mittlere) Temperatur lässt sich praktisch auf einige Kelvin genau ermitteln, was einen zusätzlichen möglichen Fehler von  $\pm 0,2$  bis  $0,3\%$  bringt. Die Bestimmung der effektiven Dichte, sei es nach der direkten Methode oder sei es über die Referenzdichte im Labor dürfte mit einer Unsicherheit von ca.  $\pm 0,5\%$  behaftet sein. Der Fehler der Angabe der Masse kann also bis zu  $\pm 1\%$  falsch sein.

### Schlussbetrachtung

Will man die Menge in einem Stehtank ermitteln, so ist bei vertretbarem Aufwand mit einer Präzision von  $0,5\%$  (Volumen) bzw.  $\pm 1\%$  (Masse) zu rechnen. Bedenkt man, dass die Wägung so grosser Mengen kaum möglich ist, bleibt nur der Vergleich mit dem Durchlaufzähler, dem von Gesetzes wegen als Volumenmessgerät ein Fehler von  $\pm 0,5\%$  zugestanden wird [10]. Die Gesamtvolumenmessung im Stehtank lässt sich also durchaus mit der Zählermessung vergleichen. Der Vergleich mit der Massebestimmung auf einer Waage fällt zu Ungunsten der Messung im Stehtank aus: Die amtlich zugelassenen Waagen

[9] haben Genauigkeiten in der Größenordnung von einigen wenigen Promillen.

Schlechter schneidet die Messung im Stehtank ab, wenn nur ein Teil der Tankkapazität zu bestimmen ist, zum Beispiel beim Ein- und Auslagern, wo es sich vielleicht um die Menge eines Blockzuges handelt. Hier wird die Differenz von zwei Messungen gebildet, deren absolute Fehler im ungünstigen Fall zu addieren sind. Für solche Differenzmessungen ist der Durchlaufzähler, ev. in Verbindung mit einem automatischen Dichtemessgerät, genauer, da sein relativer Fehler unabhängig von der durchgeflossenen Menge ist. Allerdings hat diese Messart auch ihre Nachteile, hauptsächlich beim Investitionsaufwand.

Trotzdem wird man auf die Messung im Stehtank kaum ganz verzichten können, und sei es auch «nur» zur Ermittlung des Lagerbestandes. Man darf sich aber keinen Illusionen über die erreichbare Präzision hingeben.

#### Literaturhinweise

- [1] Lotmar, W.: «Jeaugeage des grands réservoirs de pétrole». Bull OIML Nr. 26 p. 17, 1966
- [2] Friebe, A.: «Un procédé optique pour l'étalonnage des récipients-mesures de stockage des liquides». Bull OIML No 23, p. 33, 1966
- [3] Lotmar, W.: «Die Ausmessung der Ölbehälter der Raffineries du Rhône bei Collombey (VS)». Schweiz. Bauzeitung 82 749, 1964
- [4] Däppen, H. R.: «Ausmessung von Überflurbehältern mit Hilfe des optischen Lotes». Schweiz. Bauzeitung 84 730, 1966
- [5] «Method for measurement and calibration of upright cylindrical tanks». API Standard 2550, API New York, 1966
- [6] «Method of gaging petroleum and petroleum products». API Standard 2545, Washington, 1965
- [7] «Petroleum measurement tables, metric edition». ASTM Designation: D 1250; IP Designation: 200, Elsevier Amsterdam, 1965
- [8] «Standard Method of Measuring the temperature of petroleum and petroleum products». API Standard 2543, Washington, 1965
- [9] Vollziehungsverordnung vom 12. Januar 1912 betreffend die in Handel und Verkehr gebrauchten Längen- und Hohlmasse, Gewichte und Waagen. SR 941.201
- [10] Bundesratsbeschluss vom 29. Dezember 1947 betreffend die in Handel und Verkehr mit Flüssigkeiten verwendeten Messapparate. SR 941.212

Adresse des Verfassers: H. Lerch, dipl. Phys. ETH, Sektionschef, Eidg. Amt für Messwesen, 3084 Wabern.