

Callidus Workshop

Am 17. und 18. Juni 2009 fand in Hamburg ein internationaler Workshop zur Vermessung von Lagerbehältern mit internationaler Beteiligung statt. Aus Asien, Afrika, Südamerika und Europa nahmen mehr als 70 Experten teil, um sich über eine zurzeit weltweit einzigartige Methode zur Vermessung von Lagerbehältern zu informieren. Am 17. Juni 2009 wurden im Haus der Patriotischen Gesellschaft in Hamburg die Fachvorträge gehalten. Der Workshop wurde um eine praktische Demonstration auf dem Firmengelände der Holborn Europa Raffinerie GmbH ergänzt, bei dem die Teilnehmer einen intensiven Eindruck von der Effizienz dieses Verfahrens erhalten haben. Der Workshop endete mit einem Besuch der Dienststelle Hamburg von der Eichdirektion Nord. Hier konnten sich unsere Gäste über die Aufgaben im gesetzlichen Messwesen der Bundesrepublik Deutschland informieren und Wissenswertes über messtechnische Möglichkeiten und Prüfmittel erfahren.



Der Volumenmessung von Flüssigkeiten kommt weltweit eine enorme wirtschaftliche und fiskalische Bedeutung zu. Viele Millionen Kubikmeter von Wasser (Trinkwasser), Mineralölen als Treibstoffe, für Heizzwecke oder zur Stromerzeugung, flüssigen Lebensmitteln usw. werden jährlich in der Bundesrepublik Deutschland erzeugt, umgeschlagen und letztendlich verbraucht. Für den geschäftlichen und amtlichen Verkehr sind Volumenbestimmungen mit geeichten Messgeräten vorgeschrieben. Unter der Vielzahl von Messmöglichkeiten haben Lagerbehälter einen hohen Stellenwert, da sie nicht nur als Messgerät in Kombination mit einem Füllstandsmessgerät eingesetzt werden können, sondern zugleich eben auch der Lagerung dienen. Hier verbinden sich zwei elementare Dinge zu einer effektiven und effizienten Symbiose.

Nach mehrjähriger Zusammenarbeit zwischen der Physikalisch-Technischen Bundesan-

stalt (PTB), der Firma Callidus – jetzt Trimble Holding GmbH – dem Hersteller des Laserscanners und der Auswertesoftware sowie der Dienststelle Hamburg der Eichdirektion Nord ist ein dreidimensionales elektrooptisches Verfahren zur Vermessung von Lagerbehältern in Form stehender Zylinder entwickelt und für das gesetzliche Messwesen evaluiert worden. Wie bereits erwähnt, ist die Vermessung und Eichung von derartigen Lagerbehältern notwendig, wenn sie mit Hilfe von Füllstandsmessgeräten zur Bestimmung der Füllhöhe auch als Messbehälter zur Volumenermittlung verwendet werden.

Für die Vermessung von Lagerbehältern nach der herkömmlichen Methode, unter anderem auch beschrieben in den Normen ISO 7507 Teil 1 und 2 – Strapping Method und Reference Line Method – ist ein großer zeitlicher und personeller Aufwand nötig. Hinzu kommt, dass der so genannte Sumpf, also der Volumenanteil unterhalb der Peilplatte (untere Maßraumbegrenzung) immer noch volumetrisch mit Hilfe von Zählergerätschaften oder Eichkolben ausgemittelt werden muss. Dabei fällt verunreinigtes Wasser an, das vom Betreiber aufwändig und mit erheblichen Kosten verbunden zu entsorgen ist. Diese Art der Vermessung dauert im Durchschnitt zwei Tage am Aufstellungsort des Lagerbehälters und mehrere Stunden zur Auswertung im Büro. In der Regel sind vor Ort zwei Mitarbeiter mit der Vermessung beschäftigt.

Mit dem neuen elektrooptischen Verfahren kann ein Lagerbehälter einschließlich des Sumpfes in etwa zwei bis drei Stunden vor Ort von einer Person vermessen werden. Die volumetrische Bestimmung des Sumpfes mit Wasser entfällt und der Betreiber spart die teure Entsorgung, und es hat den weiteren bedeutenden Vorteil der wesentlich kürzeren Stillstandszeiten. Das neue Verfahren zur Vermes-



sung von Lagerbehältern bietet somit nicht nur verbesserte messtechnische Vorteile, sondern auch eine Verringerung von Zeitaufwand und physischer Belastung für das Prüfpersonal.

Wenn die Voraussetzungen für dieses Verfahren gegeben sind, wird der Scanner im Inneren eines Lagerbehälters aufgestellt, und in einem einzigen Scan wird eine sogenannte Punktwolke mit ca. 800.000 Messpunkten erzeugt. Die Messungen werden außerhalb des Tanks vom Steuerrechner aus gestartet, um Abschattungen durch die eigene Person zu vermeiden. Nach Abschluss der ersten Messung folgt anschließend die Betrachtung der Punktwolke mit Hilfe der Software 3D-Extraktor. Dabei werden Abschattungen spezifiziert und der nächste Aufstellungsort festgelegt. Aufgrund empirischer Untersuchungen ist die Vermessung durch einen Einzelscan nicht möglich. Durch diverse Einbauten wie Peilrohre, Heizregister, Rührwerken sowie Absaug- und Befüllleinrichtungen werden Abschattungen am Tankmantel oder Boden erzeugt, die unter dem Gesichtspunkt der möglichst genauen Vermessung nicht zu vernachlässigen sind.



Nach dem Scannen ist es notwendig, die einzelnen Punktwolken in ein einheitliches Koordinatensystem zu überführen. Ein Verfahren nennt sich Local-into-Global, wobei die Einzelscans über die Koordinaten des Stand- und des Zielpunktes transformiert werden. Die von uns bevorzugte Methode wird als Best-Fit-Registrierung bezeichnet. Hierbei werden die Scans mit Hilfe der während der Vermessung aufgebrauchten Markierungen vorjustiert und geometrisch mit der Methode der kleinsten Quadrate zusammengefügt. Um Best-Fit anzuwenden, sind keine weiteren Maßnahmen, ausgenommen der Markierungen während der Messung, notwendig. Um eine Aussage über die Genauigkeit dieser Methode geben zu können, wurden mehrere Lagerbehälter nach dem alten und dem neuen Verfahren vermessen und die

Messergebnisse unter Beachtung der zulässigen Messunsicherheit von $\pm 0,5\%$ miteinander verglichen.

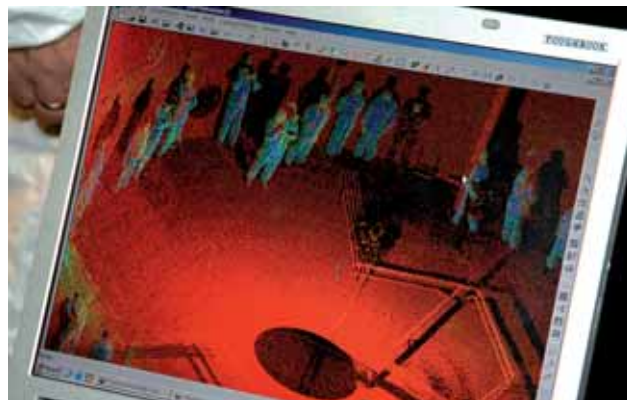
Für die Sumpfberechnung wird der gesamte Bereich, der sich unterhalb der Peilplatte befindet, mit Hilfe der Software in unterschiedlich große Zellen geteilt und das Volumen der einzelnen Zellen berechnet und aufsummiert. Vergleichsmessungen haben ergeben, dass das Sumpfvolumen gegenüber dem alten Verfahren geringfügig kleiner ist. Dies ist auf den hydrostatischen Einfluss des Wassers bei der Befüllung des Sumpfes zurückzuführen.

In Abhängigkeit von Größe und Form eines Lagerbehälters und ggf. vorhandener Einbauten kann mit den gewonnenen Daten für jeden Behälter eine individuelle Fülltablette berechnet werden. In dieser Fülltablette wird jeder Füllhöhe unter Berücksichtigung der hydrodynamischen Dehnung ein entsprechendes Volumen zugeordnet.

Das neue Verfahren für die Volumenbestimmung von Lagerbehältern ist somit ein effizientes Messsystem und bietet viele Vorteile, an denen Messgerätebesitzer und Verwender teilhaben.

Um die elektrooptische Vermessung mittels Laserscanner als Normalmessverfahren einsetzen zu können, bedurfte das Verfahren der Evaluierung durch ein anerkanntes staatliches Institut. Die Evaluierung dieses Verfahrens ist unter Leitung der PTB in Braunschweig erfolgt. Bestandteil der Evaluierung war die Überprüfung folgender Punkte:

- 1) Prüfung der Richtigkeit der Volumenermittlung
- 2) Prüfung der Wiederholbarkeit des Messergebnisses
- 3) Prüfung der Reproduzierbarkeit des Messergebnisses
- 4) Anschluss des Messgerätes an ein nationales Normal
- 5) Betrachtung der Messunsicherheit für das Verfahren



Die Eichdirektion Nord war unmittelbar an der Prüfung der ersten drei Punkte beteiligt.

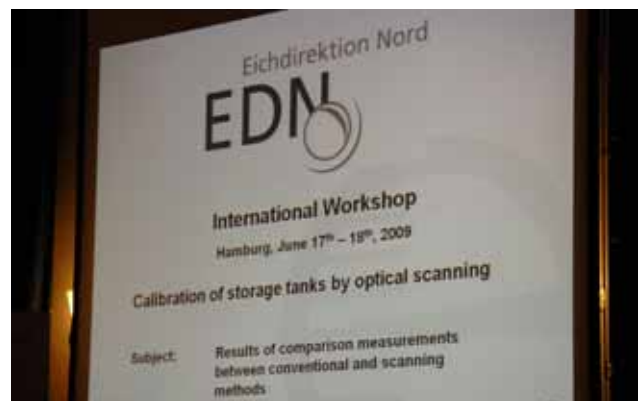
Zur Prüfung der Richtigkeit der Volumenermittlung wurden Lagerbehälter von der Eichdirektion Nord nach der herkömmlichen Methode (angelehnt an die ISO 7507-1 bzw. an die ISO 7507-2) vermessen. Danach hat die Firma Trimble dieselben Lagerbehälter elektrooptisch mittels Laserscanner vermessen. Die Messergebnisse der beiden Vermessungsmethoden wurden anschließend durch die Eichdirektion Nord ausgewertet. Bei der Richtigkeit konnte nachgewiesen werden, dass der Unterschied der Messergebnisse beider Verfahren für den geteilten Maßraum (zylindrischen Teil) deutlich unterhalb von 1% liegt. Bei einer zulässigen Messunsicherheit beider Verfahren von $\pm 0,5\%$ für die Volumenermittlung bewegen sich die Unterschiede der Messergebnisse somit im zulässigen Bereich.

Die Unterschiede bei den Volumina der Sumpfe liegen im Bereich von 2%. Dies erscheint zunächst sehr hoch. Betrachtet man jedoch die Messunsicherheit für die Volumenbestimmung des Sumpfes nach dem herkömmlichen Verfahren, so liegt diese deutlich über 1%. Wird dem elektrooptischen Scanverfahren für die Volumenbestimmung des Sumpfes ebenfalls eine Messunsicherheit von 1% zugestanden, so liegen die Unterschiede der Messergebnisse beider Verfahren bei der Sumpfbestimmung ebenfalls im zulässigen Bereich. Auffällig bei der Sumpfbestimmung ist, dass die Sumpfe, die mittels elektrooptischen Scanverfahren ermittelt werden, in der Regel kleiner sind als beim herkömmlichen Verfahren. Ein Grund hierfür könnte die Hydrostatik durch das eingefüllte Wasservolumen bei der herkömmlichen Methode sein.

Bei der Prüfung der Wiederholbarkeit der Messergebnisse wurde kontrolliert, ob sich beim Wiederholen der Messung eine enge Übereinstimmung der Messergebnisse ergeben hat. Hierzu wurde von einem Mitarbeiter der Firma Trimble ein Lagerbehälter mit dem Laserscanner sechsmal hintereinander gescannt. Um identische Messbedingungen einzuhalten, wurde der Scanner erst versetzt und neu eingemessen, nachdem vom ersten Standort sechs Einzelscans aufgenommen wurden. Der Scanner wurde insgesamt viermal versetzt und neu eingemessen. Von jedem neuen Standort im Lagerbehälter wurden ebenfalls sechs Einzelscans gefertigt. Die zusammengehörigen Einzelscans der fünf Standorte wurden zu jeweils einem Gesamtscan zusammengefasst, so dass sechs Messungen

unter identischen Bedingungen durchgeführt wurden. Die Ergebnisse der Messungen haben gezeigt, dass im schlechtesten Fall eine Wiederholgenauigkeit von 0,05% vorlag.

Bei der Prüfung der Reproduzierbarkeit der Messungen wurde überprüft, ob die Messergebnisse einer Vermessung an unterschiedlichen Orten reproduziert werden können. Hierzu haben zwei Mitarbeiter der Firma Trimble nacheinander denselben Lagerbehälter vermessen. Nach der Vermessung durch den ersten Mitarbeiter wurde der Laserscanner aus dem Lagerbehälter vollständig entfernt. Der zweite Mitarbeiter hat dann von anderen Standpunkten den Lagerbehälter erneut vermessen. Im Ergebnis konnte festgestellt werden, dass die Messergebnisse sehr gut reproduziert werden konnten.



Die Punkte vier und fünf der Evaluierung wurden durch die PTB in Braunschweig und die Firma Trimble mit Erfolg überprüft. Als Endergebnis wurde das elektrooptische Scanverfahren am 10. Oktober 2008 durch die PTB in Braunschweig als Normalmessverfahren zur Volumenbestimmung in Lagerbehältern anerkannt. Als Folge daraus hat der Arbeitsausschuss „Lagerbehälter“ den Auftrag erhalten, dieses neue Verfahren in die GM-P 4.2 aufzunehmen.

Zurückblickend kann man sagen, dass sich die Ausdauer aller Beteiligten und der Aufwand bei der Erprobung gelohnt haben, was deutlich an der Resonanz des Workshops zu merken war. Wenn sich nun in der Praxis das neue Verfahren wie bereits jetzt schon erkennbar weiterhin bewährt, kann wirklich von einem großartigen Erfolg gesprochen werden.

Rüdiger Kleffmann
Eichdirektion Nord, Dienststelle Hamburg

Fotos: PTB, Braunschweig