
Terrestrischer Laserscan von Unterwasserobjekten?

Florian SCHÖLDERLE und Klaus HANKE

Arbeitsbereich für Vermessung und Geoinformation, Leopold-Franzens-Universität Innsbruck
Florian.Schoelderle@uibk.ac.at

Zusammenfassung

Um die erreichbaren Genauigkeiten von Messungen eines terrestrischen Laserscanners vom Typ ‚Trimble GX 3D‘ bei Objekten unter Wasser nach der Korrektur der Zweimedieneinflüsse zu untersuchen, wurde ein Behälter gebaut, in dem entsprechende Objekte trocken als Referenz und unter Wasser gescannt wurden. In diesem Beitrag werden die korrigierten Messdaten einer Vermaschung von trockenen Referenzscans gegenübergestellt.

1 Einleitung

Für die Vermessung oder Erfassung von großflächigen Unterwasserbereichen kommen meist flugzeuggetragene Lasersysteme oder bootsgetragene Echolotsysteme zum Einsatz. Die Airborne-Laser-Bathymetrie wird aufgrund einer begrenzten Eindringtiefe ins Wasser für den Übergangsbereich Land-Wasser oder flache Gewässer eingesetzt. Zur Klassifikation von Wasseroberfläche (für Korrekturen aufgrund des von Luft verschiedenen Brechungsindex von Wasser) und Gewässergrund wird das gesamte Rücksignal für die Auswertung verwendet (Full-Waveform-Analyse) (Mandlbürger et al., 2013). Für Echolotsysteme hingegen sind befahrbare Gewässer notwendig.

Da terrestrische Laserscanner auf dem Markt erhältlich waren und sind, die wie ALB-Systeme grüne Laser verwenden, welche ein relativ gutes Eindringverhalten in Wasser aufweisen, stellt sich die Frage, in wieweit diese Systeme für ‚Unterwasser‘-Messungen genutzt werden können (Miura et al., 2016a) (Smith et al., 2012). Am Arbeitsbereich für Vermessung und Geoinformation ist ein solcher terrestrischer Laserscanner, ein ‚Trimble GX 3D‘, mit einer Wellenlänge von 532nm (grün) vorhanden. Erste Versuche bezüglich des Messens ins Wasser mit diesem Gerät wurden in (Friedl et al., 2015) präsentiert.

2 Scan ins Wasser

2.1 Physikalische Grundlagen

Aufgrund der verschiedenen Brechungsindizes von Luft und Wasser wird der Messstrahl am Übergang zwischen beiden Medien gebrochen. Neben der Brechung wird ein Teil des Signals an der Übergangsfläche reflektiert. Dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit im Wasser abnimmt, und die Richtung verändert wurde, wird bei der Berechnung der Koordinaten des Zielpunktes nicht berücksichtigt. Dies wird erst im Postprocessing korrigiert.

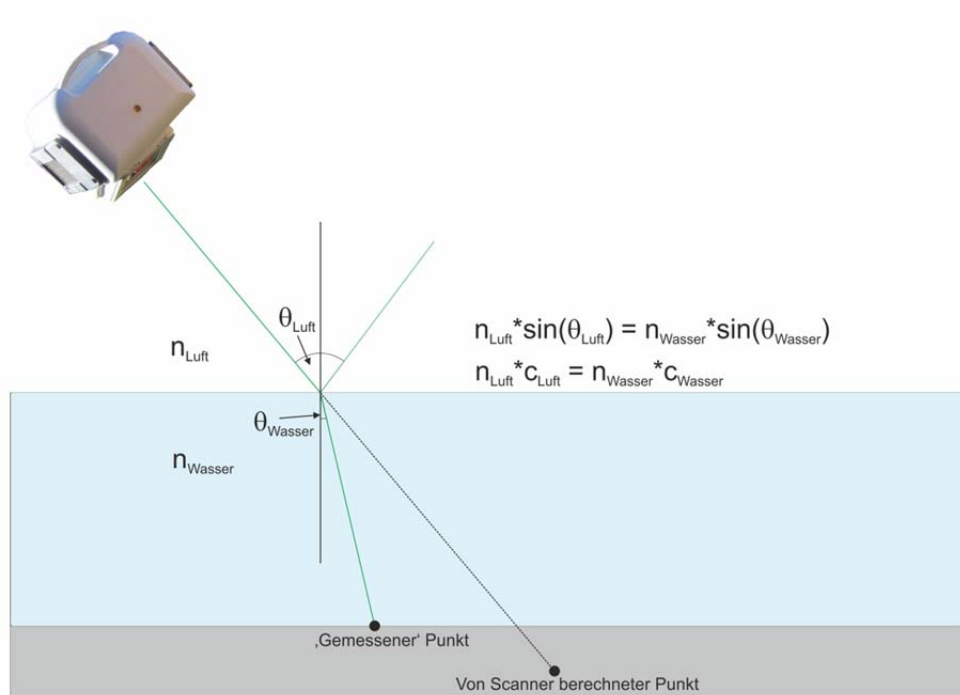


Abb. 1: Physikalische Grundlagen

Für die Korrektur ist neben den Brechungsindizes der beiden durchlaufenen Medien auch der Wasserspiegel im entsprechenden Koordinatensystem notwendig. Bei stehendem Wasser ist dieser als ebene Fläche anzusehen. Bei fließenden Gewässern muss der Wasserspiegel lokal approximiert werden (Miura et al., 2016b).

2.2 Versuche

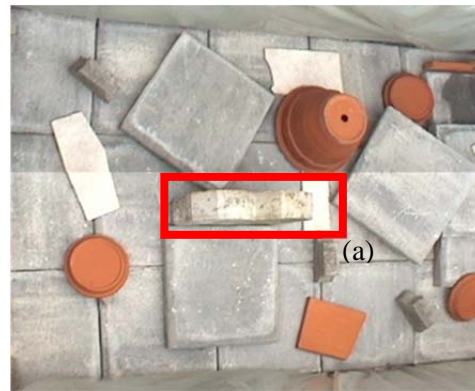


Abb. 2+3: Fotos des Versuchsaufbaus ((a): Senkrecht aufgestellter Rasengitterstein)

Für Versuche, die am Arbeitsbereich für Vermessung und Geoinformation der Universität Innsbruck mit dem Trimble-Scanner durchgeführt wurden, stand für Untersuchungen der erreichbaren Genauigkeiten und anderer Einflussparameter ein Becken aus mit Folie ausgekleideten Schalttafeln zur Verfügung. Diese Versuche wurden mit klarem Wasser ohne erkennbare Schweb- und Trübstoffe durchgeführt, wobei der Scanner an einem Arm gekippt über der Wasseroberfläche angebracht wurde. Bei der Konstruktion und Anfertigung des Auslegers wurde auf Stabilität während der Messungen geachtet. Der Behälter befindet sich auf einem stabilen Unterbau, der Setzungen durch die Wasserlast verhindert.

Um die Möglichkeiten der Korrigierbarkeit von Messungen durch Wasser und die zu erwartende Genauigkeit untersuchen zu können, wurden Scans des trockenen Behälters und nach der Füllung durchgeführt. Über die Registrierung der Scans mit tachymetrisch eingemessenen Zielmarken und -kugeln sowie eines ebenfalls erfassten Maßstabes zur Wasser Spiegelbestimmung wurde die Lage der Wasseroberfläche im gleichen System bestimmt.

Die erforderlichen Korrekturen wurden entsprechen der physikalischen Formeln mit einem selbst entwickeltem MatLab-Programm durchgeführt. Die Berechnung des Brechungsindex von Wasser erfolgte in Abhängigkeit von Temperatur, Luftdruck und Wellenlänge gemäß (Harvey et al., 1998).

2.3 Einige durchgeführte Versuche und exemplarische Ergebnisse

In den Behälter wurden sowohl in verschiedene Richtungen geneigte als auch kleinräumig erhöhte Flächen eingebaut, um aus einer entsprechenden Höhenabweichung Lageverschiebungen zwischen den korrigierten Punktwolken und der trockenen Referenz aufzudecken.

Zur Vermeidung von materialabhängigen Effekten wurden verschiedene Oberflächen und Werkstoffe verwendet. Die wichtigsten Kriterien bei der Auswahl waren die Wasserfestigkeit und eine Möglichkeit, das Aufschwimmen (= keine stabile Position zwischen den Messungen) beschädigungsfrei zu verhindern. Die Scans wurden mehrfach mit verschiedener Anzahl von Distanzmessungen pro Punkt und bei verschiedenen Wasserständen durchgeführt. Im Folgenden werden einige Ergebnisse exemplarisch dargestellt.

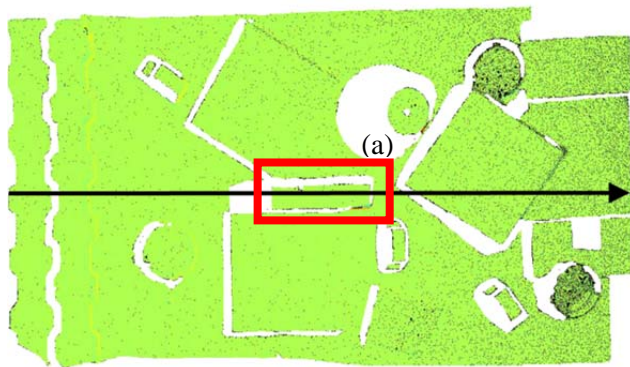


Abb. 4:
Grundriss der Punktwolke mit
Achse des Längsprofils in
Abb. 5 und 6

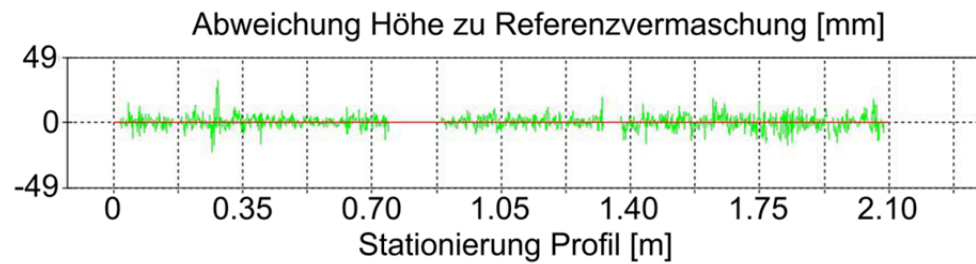


Abb. 5: Längsprofil mit Abweichungen der korrigierten Daten zur Referenzvermaschung (1 Messung pro Punkt), Abweichungen in der Höhe +/- 3 cm (ohne Ausreißer: +/- 2 cm).

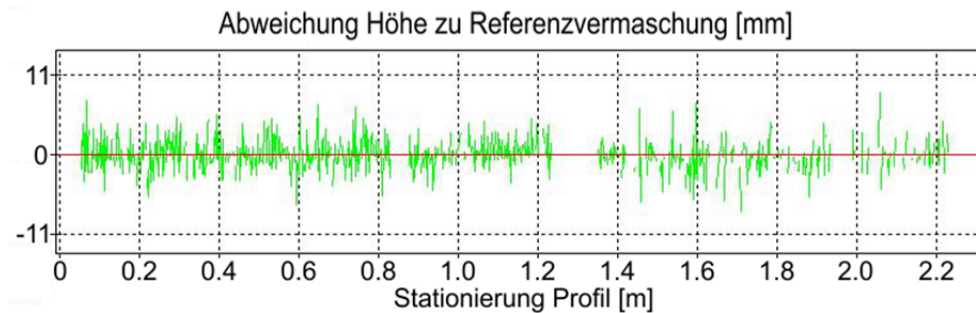


Abb. 6: Längsprofil mit Abweichungen der korrigierten Daten zur Referenzvermaschung (15 Messung pro Punkt), Abweichungen in der Höhe kleiner als +/- 1 cm.

Da bei den geneigten Flächen des senkrecht aufgestellten Rasengittersteins und der diagonal zum Profil liegenden Betonplatte keine Auffälligkeiten in den Abweichungen zu erkennen sind, liegt kein signifikanter lagemäßiger Versatz zwischen beiden Datensätzen vor.

3 Fazit

Bei klarem ruhigen Wasser und bekannter Wasserspiegellage lassen sich „grüne“ Laserscannermessungen ausreichend genau modellieren und korrigieren. Bei Ausschöpfung des inneren Genauigkeitspotentials des verwendeten Scanners (mehrere Shots pro Messung) könnten sich bathymetrische Anwendungen für terrestrische Laserscanner (z.B. im wasserbaulichen Versuchswesen oder für ökologische Fragestellungen im Flussbau) ergeben.

Literatur:

Friedl, M., Weinold, Th. & Hanke, K. (2015): Erfahrungen beim Einsatz eines „grünen“ terrestrischen Laserscanners im Wasserbau. In: Hanke, K. & Weinold, Th. (Hrsg.): 18. Internationale Geodätische Woche Obergurgl 2015, Wichmann – VDE Verlag, Berlin/Offenbach, S. 207-209. ISBN 978-3-87907-554-6.

Harvey, A. H., Gallagher, J. S. & Levelt Sengers J. M. H. (1998): Revised Formulation for the Refractive Index of Water and Steam as a Function of Wavelength, Temperature and Density. In: Journal of Physical and Chemical Reference Data, Volume 27, Issue 4, pp. 761-774.

Mandlburger, G., Otepka, J., Miller, P., Steinbacher, F., Pfennigbauer, M. & Pfeifer, N. (2013): Vermessung von Fließgewässern mittels Airborne Laser Bathymetry. In: Hanke, K. & Weinold, T. (Hrsg.): 17. Internationale Geodätische Woche Obergurgl 2013, Wichmann – VDE Verlag, Berlin/Offenbach, S. 125-134. ISBN 978-3-87907-526-3.

Miura, N. & Asano, Y. (2016a): Effective Acquisition Protocol of Terrestrial Laser Scanning for Underwater Topography in a Steep Mountain Channel. In: River Research and Applications, Volume 32, Issue 7, pp. 1621-1631.

Miura, N., Asano, Y. & Moribe, Y. (2016b): Improved Correction Method for Water-Refracted Terrestrial Laser Scanning Data Acquired in the Mountain Channel. In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXIII ISPRS Congress Prague 2016, Volume XLI-B8. <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLI-B8/349/2016/doi:10.5194/isprs-archives-XLI-B8-349-2016> (30.11.2016).

Smith, M., Verticat, D. & Gibbins, C. (2012): Trough-water terrestrial laser scanning of gravel beds at the patch scale. In: Earth Surface Processes and Landforms, Volume 37, Issue 4, pp. 411-421.