
Vergleich von ALB-Daten mit terrestrischen Messungen ausgewählter Untersuchungsgebiete

Thomas WEINOLD, Florian SCHÖLDERLE, Klaus HANKE

Arbeitsbereich für Vermessung und Geoinformation, Leopold-Franzens-Universität Innsbruck
{thomas.weinold, florian.schoelderle, klaus.hanke}@uibk.ac.at

Kurzfassung

Im Rahmen eines Forschungsprojekts konnte der Einsatz eines flugzeuggetragenen Bathymetriescanners durch terrestrische Messungen evaluiert und die dabei generierten Geländedaten der Gewässersohle in ausgewählten Gebieten einer Bewertung unterzogen werden.

1 Das Projekt AAHM (Alpine Airborne Hydro Mapping)

Für eine flächenhafte geometrische Erfassung von Gewässersohlen, z.B. von Flüssen und Seen (Bathymetrie) kommen bisher meist bootsgetragene Vermessungssysteme mit Echolot zum Einsatz. Allerdings sind dafür eine erforderliche Mindestwassertiefe sowie ökologisch begründete Befahrungsverbote für die Messgebiete oft begrenzende Faktoren. Um solche Bereiche an Gewässern im Voralpen- und Alpenraum künftig aus der Luft erfassen zu können, wurde im Rahmen des FFG-geförderten Forschungsprojekts „Alpine Airborne Hydromapping – Research to Practice“ (AAHM-R2P) ein flugzeuggetragenes Laserscanner-System untersucht, welches die Eigenschaft des grünen Lasers nutzt, um in den Wasserkörper ein- und bis zur Sohle vorzudringen.

Gemeinsam mit dem Arbeitsbereich für Wasserbau der Univ. Innsbruck und der Forschungsgruppe Photogrammetrie an der TU Wien als wissenschaftliche Partner sowie in Kooperation mit Riegl (Hersteller des LIDAR-Systems), AHM (Befliegung), Revital (Ökologie) und mehreren regionalen Energieerzeugern sollte das Airborne LIDAR Bathymetrie (ALB) System weiterentwickelt und an mehreren topographisch unterschiedlichen Beispielen in die Praxis eingeführt werden.

Der Arbeitsbereich für Vermessung und Geoinformation der Universität Innsbruck war sowohl für die Bereitstellung von möglichst synchronen terrestrischen Referenzdaten als auch für deren statistischen Vergleich mit den Auswertungen des Airborne-Laserscanner-Systems verantwortlich.

2 Untersuchungsgebiete

Die Projektpartner des Konsortiums AAHM sind über den gesamten süddeutschen und österreichischen Raum verstreut. Jeder dieser Partner aus der Wirtschaft bzw. dem Bereich der Wasserkraftwerke hatte naturgemäß das Verlangen nach Daten aus seinem eigenem

Bereich. So waren zum Beispiel die Flüsse Lech (in Bayern), Sill, Drau und Donau „Untersuchungsgebiete“. Aus unterschiedlichen Gründen, deren wichtigster die beschränkte Verfügbarkeit von Personal war, mussten wir uns auf zwei dieser Befliegungszonen konzentrieren. Es waren dies der Lech bei Schongau, die sogenannte Litzauer Schleife, weil er als erstes befliegen werden sollte und wir hier auch die ersten Daten zum Vergleichen erhofften, und unser „Hausfluss“, die Sill, die bei Innsbruck in den Inn mündet. Einige der angedachten Gebiete wurden aus unterschiedlichsten Gründen aus dem Programm genommen, andere kamen erst im Laufe des Projekts dazu. Leider entstanden dadurch nicht ideale Voraussetzungen, um Vergleichsmessungen planen zu können.



Abbildung 1: Karte der geplanten bzw. durchgeführten Untersuchungsgebiete¹

3 Vergleichsmethoden und Ergebnisse

Schon auf der 18. Internationalen Geodätischen Woche 2015 wurden im Rahmen der Posterpräsentation zwei Methoden vorgestellt, mit denen wir die Vergleichsmessungen durchführen wollten. Es waren dies einerseits die klassische terrestrische Tachymetrie, hier wurden von Schölderle et al. die Ergebnisse der zeitgleichen Messung von zwei Tachymetern auf einen geeigneten Reflektorstab berichtet, einer Messmethode die bei der Messung in stark strömenden Gewässern angedacht war, andererseits wurden von Friedl et al. von Laboruntersuchungen unseres hauseigenen terrestrischen Trimble GX3D Laserscannern (der einen grünen Laserstrahl verwendet) berichtet, mit denen der Einsatz dieses Gerätes bei Messungen in Wasser hinein getestet wurde.

Beide vorgestellten Varianten kamen in der jeweiligen Ausprägung letztendlich nicht zum Einsatz. Der Tachymeter wurde sowohl in der klassischen 2-Mannvariante als auch als Ein-Mannstation verwendet, wobei der Prismenstab jeweils vertikal ausgerichtet wurde. Die

¹ Karte generiert durch ZeeMap von Zee Source, <http://www.zeemaps.com>

Messung in „reißenden“ Gewässern wurde aus Sicherheitsgründen nicht in Betracht gezogen. Eine Messung mit einem, automatisch die Lotstabschiefe korrigierendem, GNSS-Sensor, wie dem Stonex S10, wurde im Bereich Sill nicht in Betracht gezogen, da hier eine GNSS-RTK-Vermessung auf Grund der Topographie nicht zielführend erschien.

Der terrestrische Laserscanner wurde zwar verwendet, allerdings nicht für Messungen ins Wasser. Der Unterschied zwischen Labor- und Natureinsatz war doch zu groß – einerseits ein abgegrenztes Wasserbecken mit der Positionierungsmöglichkeit direkt darüber, andererseits klassische Stativaufstellung mit extrem flachen Visuren auf die Wasseroberfläche.

3.1 Untersuchungsgebiet 1: die Litzauer Schleife²

Da leider bald abzusehen war, dass wir Daten mit großer Verspätung zum Vergleich bekommen würden, wurden zum Vergleich vorsorglich Elemente ausgewählt, die voraussichtlich keiner zeitlichen Veränderung unterliegen. Ein solches Objekt war z.B. eine betonierte Bootsrampe im Bereich der Litzauer Schleife am Lech in Bayern.



Abbildung 2: Bootsrampe im Bereich der Litzauer Schleife, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie

Hier wurde der terrestrische Laserscanner eingesetzt, um den betonierten Zufahrtsbereich zu erfassen. Zusätzlich wurden mit einem herkömmlichen

Tachymeter einige Punkte im Bereich der betonierten Rampe unter Wasser und im unmittelbar angrenzenden Bereich vermessen. Zur Kontrolle wurden selbstverständlich auch Punkte auf der trockenen Zufahrtsspur gemessen, die Messungen ergaben hier Übereinstimmungen im Bereich eines Zentimeters.

Die Befliegung erfolgte in diesem Bereich leider erst ein Jahr später (!) und wurde noch dazu nicht mit den Standardparametern befliegen, da der verwendete Scanner zu diesem Zeitpunkt wegen technischer Probleme nur in halber Höhe fliegen konnte. Die Überlagerung der beiden Datensätze ergab trotz der widrigen Umstände eine Übereinstimmung im Bereich von maximal einem Dezimeter. Auffallend ist aber der Unterschied im Vorzeichen: im Wasser ergibt die Differenz Minuswerte, über Wasser eine „positive Null“ bis hin zum Dezimeter im Randbereich, der aber auch aus nicht vollständig entferntem Bewuchs resultieren kann.

² Siehe **Abbildung 1**

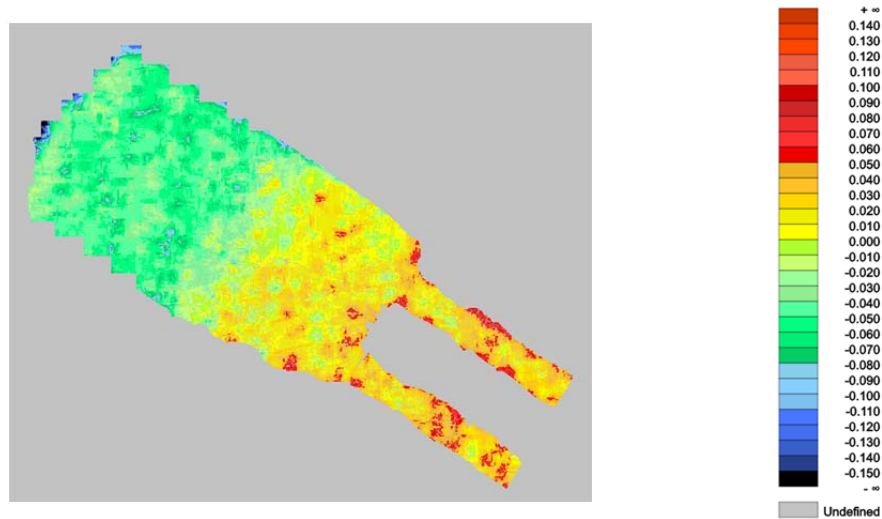


Abbildung 3: Differenzen Untersuchungsgebiet 1 ([m])

3.2 Untersuchungsgebiet 2: die Sill bei Mühlbachl³

Auch hier wurde im Vorfeld ein Gebiet erkundet, das asynchron vermessen werden konnte. Es handelt sich hier um den Restwasserbereich der Ausleitungsstrecke unterhalb der Wehranlage für das KW „Brennerwerk“, die vom Betreiber (TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG) für unsere Referenzmessungen „trockengelegt“ wurde. Dies erfolgte durch das weitestgehende betriebliche Abarbeiten des Wassers durch die Kraftwerksanlage. Unterhalb dieser Wehranlage ist auch hier der Boden zumindest teilweise befestigt (siehe **Abbildung 4**).



Abbildung 4: die Sill bei Mühlbachl im „trockenen“ Zustand

³ Siehe **Abbildung 1**

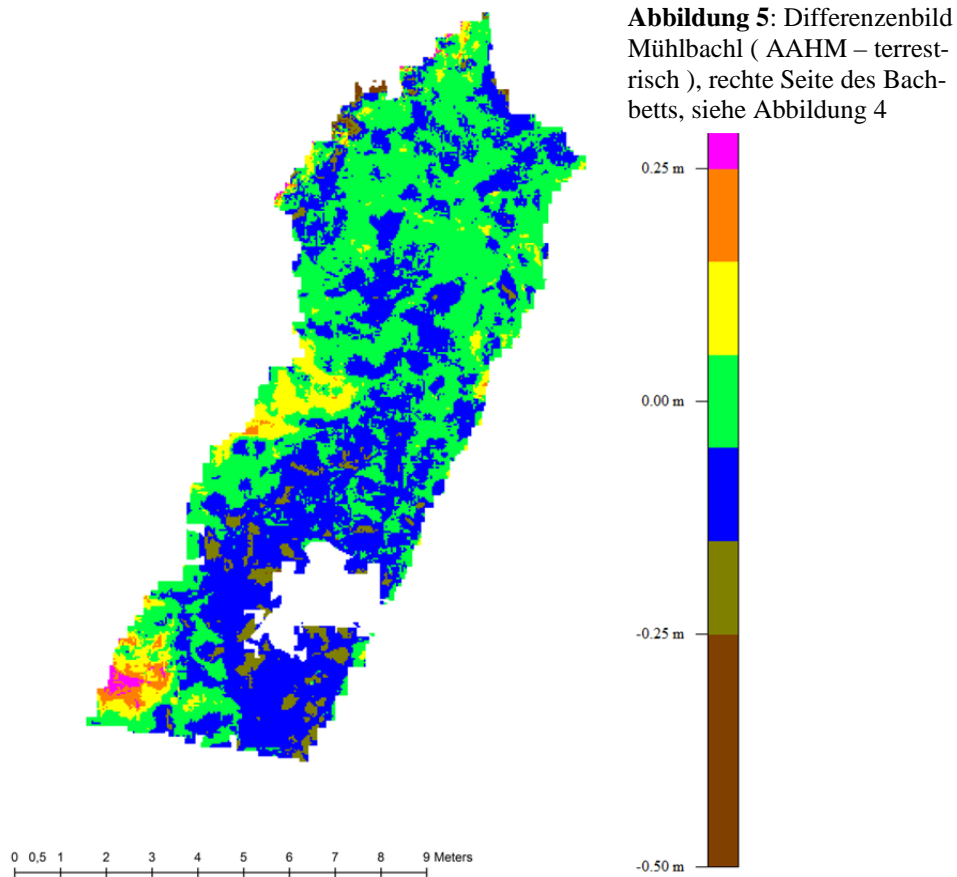


Abbildung 5: Differenzbild Mühlbachl (AAHM – terrestrisch), rechte Seite des Bachbetts, siehe Abbildung 4

Was in diesem Differenzbild auffällt ist die Tatsache, dass sich – erwartungsgemäß – die Feinstruktur des Bodens (die einzelnen Platten bzw. Steine) gut abzeichnet. Der ALS-Datensatz glättet hier (auf Grund der Größe des Footprints), während der terrestrische Laserscanner im Nahbereich mit seiner hohen geometrischen Auflösung auch das kleinste Detail recht gut erfasst. Das „Loch“ im rechten unteren Bereich von Abbildung 5 ist auf fehlende Daten bei der Vergleichsmessung zurückzuführen. Der von uns verwendete Scanner der Firma Faro konnte in der Mulde mit dem stehenden Restwasser keine Messung liefern.

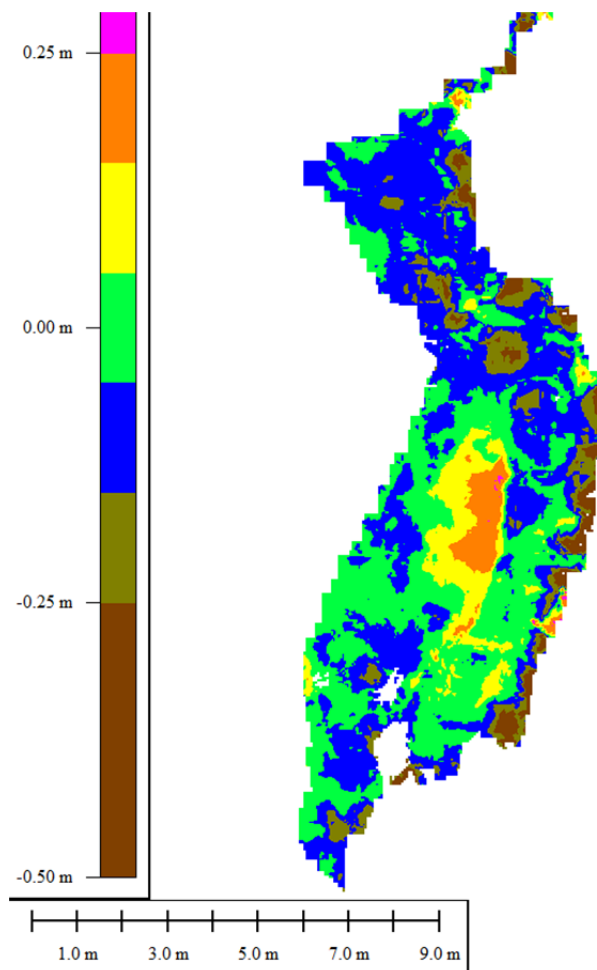


Abbildung 6: Differenzialbild Mühlbachl (AAHM – terrestrisch), linke Seite des Bachbetts, siehe unterer Rand von Abbildung 4

Auch die Auswertung des linken Ufers ergibt ein ähnliches Bild: Details sind aus dem ALS-Datensatz nicht zu erwarten. Die größeren Abweichungen von 2 dm sind in Bereichen von Mulden oder kleineren Erhebungen (Felsbröckchen), die nur die eine der beiden Messmethoden erfasst hat.

3.3 Untersuchungsgebiet 3: die Sill bei Statz⁴

In diesem Bereich ist zumindest teilweise gelungen, eine zeitnahe terrestrische Vergleichsvermessung zur Befliegung durchzuführen. Mit zwei Tachymetern wurde sowohl die Böschung als auch ein möglichst großer Bereich des Bachbetts vermessen. So niedrig der Wasserstand im Bild ist, am Tag der Messung war eine Querung der Sill durch die Messhelfer leider nicht möglich, da die Strömung in Bachmitte zu stark war. Es liegen daher auch nur vom orographisch rechten Uferbereich Messdaten vor.

⁴ Siehe **Abbildung 1**



Abbildung 7: die Sill bei Statz

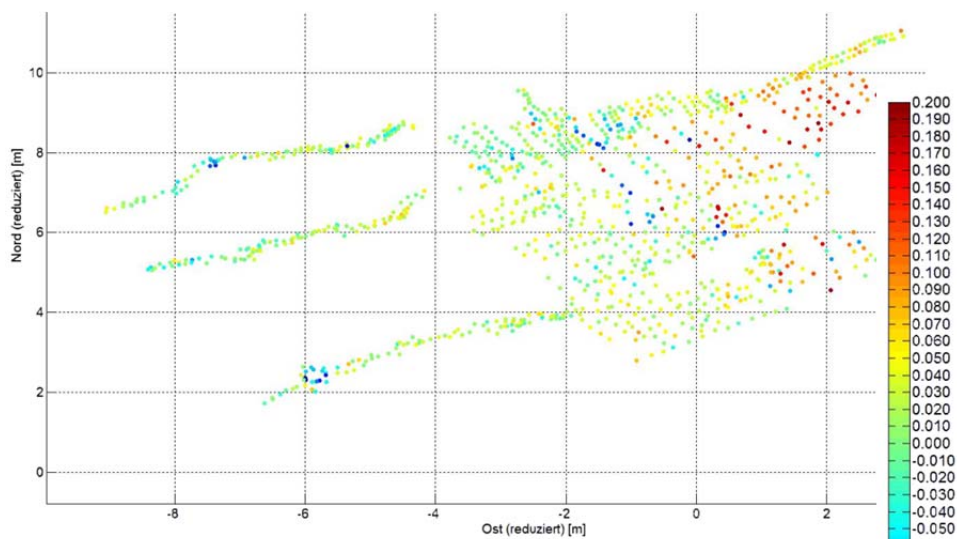


Abbildung 8: Differenzenbild Statz, ALS – terrestrisch, [m]

Auf Grund der (im Vergleich zum ALS-Datensatz) relativ geringen Anzahl von Messpunkten wurde auf eine Vermaschung der terrestrischen Daten verzichtet. Die Einzelpunkte wurden hier dem digitalen Geländemodell der ALS-Daten, generiert durch Dreiecksvermaschung, gegenübergestellt. Hier kommt es zu einem gänzlich anderen Ergebnis: Der Bewuchs der Uferböschung wurde vom ALS-Datensatz nicht vollständig erkannt bzw. korrigiert, weshalb hier die Differenzen im Bereich von eineinhalb Dezimetern liegen.

4 sonstige Ergebnisse

4.1 Mehrfachmessungen ALS

Im Bereich Statz wurden Profile durch den ALS-Datensatz gelegt. Hier konnte – an mehreren Stellen – festgestellt werden, dass in unmittelbarer Nachbarschaft liegende Messpunkte nicht nachvollziehbare Höhengsprünge von zirka zwei Dezimetern aufweisen – dies insbesondere, wenn man berücksichtigt, dass ein ALS-Punkt aus einem relativ großen Footprint resultiert.

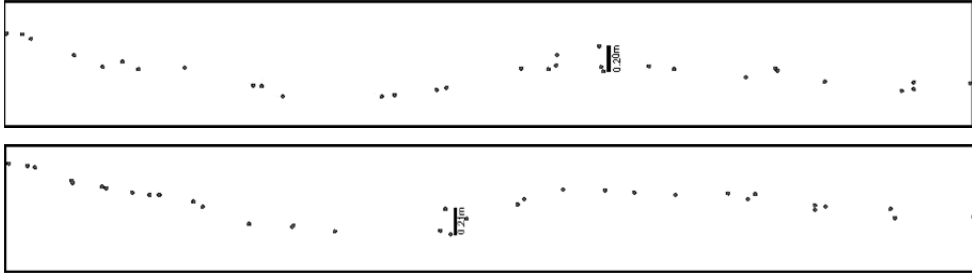


Abbildung 9: Profile durch ALS-Daten, [m]

4.2 Fehlende Klassifizierung von ALS-Datensätzen

Vor allem im Bereich unserer Vergleichsmessungen bei Statz fiel auf, dass die zur Verfügung gestellten und schon im Vorfeld klassifizierten Daten nicht durchgängig vorlagen. Es gibt hier sowohl Bereiche, in denen es keine Sohlenpunkte zu geben scheint, als auch Bereiche, in denen es keine Wasseroberflächenpunkte gibt. Die Wassertiefe in diesem Bereich war am Tag der Befliegung allerdings nicht allzu groß.

Auch trat zumindest in einem kleinen Bereich sogenanntes „Weißwasser“, also Wellen, Wirbel, Luftblasen etc. auf. In diesen Fällen ist bekannt, dass die ALS-Methoden Probleme bei der Erfassung haben. In anderen Bereichen dieses Flussabschnittes ist das Fehlen eines der beiden Datensätze nicht nachvollziehbar. Da weite Bereiche hier ausschließlich manuell klassifiziert wurden, ist die Ursache in einer Fehlbeurteilung des Bearbeiters zu vermuten.



Abbildung 10: als „Wasseroberfläche“ (links) bzw. „Sohlenpunkte“ (rechts) klassifizierte ALS-Punkte

4.3 Messung eines „Wasserfalls“

Beim Vergleich der Daten im Bereich der Kunstbauten fiel eine deutliche Abweichung auf. Der sehr dichte Datensatz des terrestrischen Laserscans schien überhaupt nicht mit den als Bodenpunkte klassifizierten Daten aus der Luft übereinzustimmen. Erst ein Blick auf die Bilder, die am Tag des Messfluges gemacht wurden konnte das Rätsel lösen. Die vermeintlichen Bodenpunkte sind in Wirklichkeit das über die Kante strömende Wasser (siehe **Abbildung 11** und **Abbildung 112**). Das Problem liegt hier also in der Fehlklassifikation als Bodenpunkte.

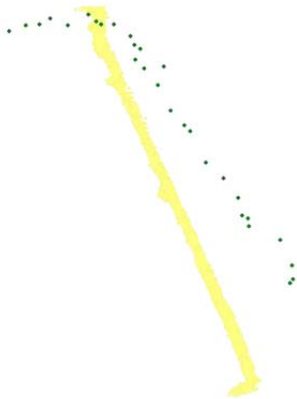


Abbildung 11 und 12: terrestrische versus ALS-Punkte im Bereich der überströmten Rampe

Zusammenfassung und Ausblick

Insgesamt zeigte sich, dass das im Rahmen des Projekts AAHM evaluierte Bathymetriesystem zu einer flächigen Aufnahme von Flusssohlen im alpinen Raum unter den angeführten Beschränkungen und im Rahmen der geforderten Genauigkeiten prinzipiell geeignet erscheint. Die in Entwicklung befindliche Auswertesoftware wird dazu einen wesentlichen Teil beitragen. Da bisher ein Teil der Klassifizierung noch manuell durchgeführt wurde, muss der befriedigenden Automatisierung dieses Schrittes besonderes Augenmerk geschenkt werden. Unsere Untersuchungen zum Einsatz von grünen terrestrischen Laserscannern zur bathymetrischen Erfassung im Nahbereich bzw. unter Laborbedingungen werden fortgeführt.

Dank

Unser Dank gilt allen wissenschaftlichen und kommerziellen Kooperationspartnern für die Überlassung der angeführten Daten sowie der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) und der Tiroler Zukunftsstiftung für die finanzielle Unterstützung des Projekts. Insbesondere danken wir der Tiroler Wasserkraft AG (Herrn DI Bachmann) für die freundliche Kooperation während der Vergleichsmessungen.

Literatur

- FRIEDL, M., WEINOLD TH. & HANKE, K.: „Erfahrungen beim bathymetrischen Einsatz eines ‚grünen‘ terrestrischen Laserscanners im Wasserbau“, HANKE, K. & WEINOLD, T. (Hrsg.) (2015): 18. Internationale Geodätische Woche Obergurgl 2015. Herbert Wichmann Verlag, VDE VERLAG GMBH, Berlin/Offenbach
- SCHÖLDERLE, F., WEINOLD TH, FRIEDL, M. & HANKE, K.: „Erfahrungen mit dem Einsatz eines Doppelpismenstabs zur tachymetrischen Erfassung von Gewässersohlen“, HANKE, K. & WEINOLD, T. (Hrsg.) (2015): 18. Internationale Geodätische Woche Obergurgl 2015. Herbert Wichmann Verlag, VDE VERLAG GMBH, Berlin/Offenbach
- Datenblatt GNSS-Antenne Stonex S10
- Pfennigbauer, M., Steinbacher, F., Ullrich, A., and Aufleger M., 2011, ‘High resolution hydrographic airborne laser scanner for surveying inland waters and shallow coastal zones’, *Proc. of SPIE* 8037, 8037-5, Orlando, Florida, USA.
- Mandlbürger G., Pfennigbauer M. & Pfeifer N. (2013): Analyzing near water surface penetration in laser bathymetry - a case study at the river Pielach. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume II-5/W2, S. 175–180. Poster presentation: *ISPRS Workshop Laser Scanning 2013*, Antalya, Türkei; 11.-13. November 2013.
- Steinbacher, F., Pfennigbauer, M., Aufleger, M., Ullrich, A. (2012): High Resolution Airborne Shallow Water Mapping. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XXXIX-B1,2012, XXII ISPRS Congress, 25 August – 01 September 2012, Melbourne, Australia