

Ramona Baran, Wolfgang Dobler, Frank Steinbacher, Marcel Ritter, Manfred Niederwieser, Werner Benger und Markus Aufleger

Verschneidung von Airborne Hydromapping und Fächerecholotvermessung bei Rheinfelden

Airborne Hydromapping ist eine neue Technologie für die hoch detaillierte Vermessung von Flüssen, Seen und Stauräumen. Das Lasersystem ist wasserdurchdringend und ermöglicht so die gleichzeitige Erfassung der Bathymetrie von Flachgewässern (Tiefen bis 8 m) sowie der Topographie des angrenzenden Vorlandes (Genauigkeit <10 cm). Den Gegensatz stellen klassische Fächerecholotaufnahmen von Gewässern in 2 bis 100 m Tiefe dar. Die Herausforderung ist nun die Lücke zwischen beiden zu schließen, indem man sie kombiniert wie dies am Beispiel Rheinfelden unter Verwendung von HydroVISH gezeigt wird.

1 Einleitung

Um den ökologischen Zustand von Binnen- und Küstengewässern genau beurteilen zu können und Prozesse, wie Degradation in Flüssen, Sedimentation in Stauräumen oder die Strukturvariabilität in Flussauen, zu dokumentieren, ist die wiederholte Vermessung dieser Bereiche von Bedeutung. Mit traditionellen Methoden der Gewässervermessung können aber keine aussagekräftigen Ergebnisse erzielt werden, da sie oft eine sehr geringe räumliche Auflösung haben sowie teuer und zeitintensiv sind (**Bild 1a**).

Mit hydrographischem, flugzeuggestütztem Laserscanning, dem sogenannten Airborne Hydromapping, können mittlerweile stark verbesserte Messergebnisse erzielt werden (**Bild 1b**). Hierbei wird ein neuer Laserscanner zur Aufnahme

hochaufgelöster Bathymetriedaten verwendet, der speziell für die Vermessung von Binnengewässern und flachen Küstenzonen entwickelt wurde. Um tiefere Bereiche von Gewässern vollständig abzubilden, eignen sich klassische Echolotmessungen (**Bild 1c**).

In diesem Beitrag werden zunächst Daten vorgestellt, die mit dem kompakten Lasersystem entlang des Rheins bei Basel erhoben wurden. Dabei wurden Bereiche bis in eine Tiefe von ca. 3,5 m erfasst sowie kleinräumige Unterwasserstrukturen einer großen Fischrampe und Auebereiche im Vorland detailliert dokumentiert. Die Daten ermöglichen einen räumlich hochaufgelösten Blick (ca. 10 bis 20 Punkte/m²) auf die veränderte Situation des Rheins nach dem Neubau des Kraftwerkes Rheinfelden. Die Laserdaten wurden mit Echolotdaten sehr gut ergänzt.

Wenn man die bathymetrischen Laserdaten mit hochaufgelösten Luftbildern (<10 cm/Pixel) oder spektralen Bilddaten zusammenführt, eröffnen sich vielfältige Möglichkeiten für weitreichende Analysen. Die Kombination dieser Datensätze, die alle während eines Vermessungsfluges erhoben werden können (Topographie, Bathymetrie, Luftbilder und Spektralbilder), bildet die umfassende und homogene Datenbasis für die Beschreibung und Überwachung von hydraulischen, morphologischen und ökologischen Prozessen in Fließgerinnen und Küstenbereichen.

2 Airborne Hydromapping

2.1 Anwendungsgebiete

Die Topographie von Flussbetten, Überschwemmungs- und Mündungsberei-

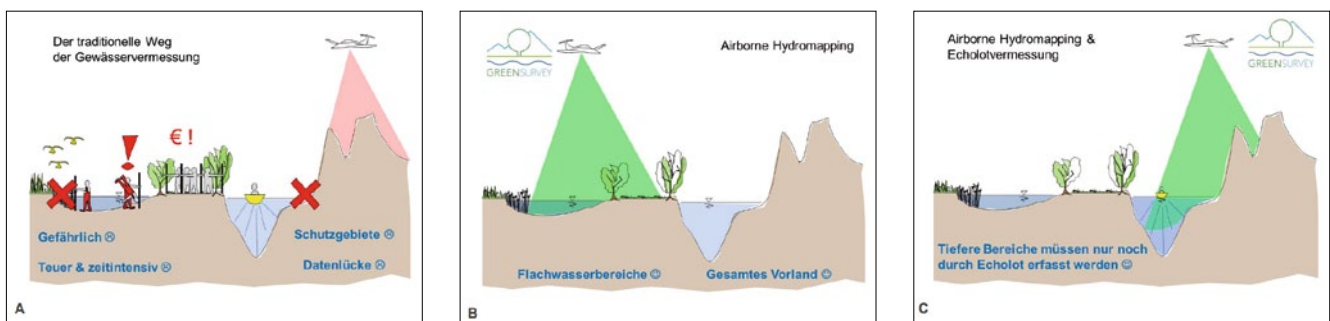


Bild 1: a) Komplexität der klassischen Gewässervermessung; b) Ansatz von Airborne Hydromapping; c) Zusammenspiel Airborne Hydromapping und Echolotvermessung

chen sowie in Küstenzonen wiederzugeben ist eine der Grundlagen im Wasserbau. Hochwasser- und Wellen-Modelle basieren auf digitalen Höhenmodellen, die oft auf hochaufgelösten topographischen, flugzeuggestützten Laserscandaten beruhen [1]. Höhenmodelle der Gewässersohle dagegen basieren gewöhnlich auf vereinfachten und interpolierten Daten zwischen Querprofilen, die meist durch terrestrische Vermessung gewonnen wurden. Die Modellierung flacher Bereiche in Flussmündungen oder Kiesbänken ist zeitaufwendig oder gar unmöglich wegen fehlender hochaufgelöster Daten. Die wiederholte Überflutung von Stadt- und Küstengebieten hat gezeigt, dass die Modellierung solcher Ereignisse verbessert werden muss [2]. Es müssen die Unsicherheiten der Simulationen untersucht werden, die durch die Eingabedaten verursacht werden, denn es sind vertrauenswürdige Informationen zu Magnitude und Wahrscheinlichkeit katastrophaler Flutereignisse von Nöten, um den Hochwasserschutz korrekt zu planen. Dafür werden Modelle aufgrund realer Daten und nicht einer aufgrund von Interpretation einzelner Daten gewonnenen Annahme über die Gestalt der Gewässersohle benötigt.

Informationen über die Oberflächenrauheit der Gewässersohle und den Wasserspiegel sind relevant, um numerische Modelle zu kalibrieren. Airborne Hydromapping ist u. a. dazu entwickelt worden, diese Probleme zu lösen [3], [4], [5]. Die Wasserspiegellage zum Zeitpunkt der Messung kann direkt aus den Hydromapping-Daten abgeleitet oder die geometrische Sohleninformation dazu

genutzt werden, die Oberflächenrauheit zu charakterisieren.

2.2 Europäische Wasserrahmenrichtlinie

Die Wasserrahmenrichtlinie der EU (WRRL) ist eine ambitionierte Agenda. Sie ist interdisziplinär, da sie die Ökologie ins Zentrum der verantwortlichen Behörden und Ministerien stellt [6]. Für die nachhaltige Implementierung der WRRL bedarf es der Verpflichtung zur Entwicklung neuer Monitoringkonzepte und eines besseren Verständnisses für die biophysikalischen Verknüpfungen zwischen anthropogenen Einflüssen und deren ökologischer Auswirkungen. Viele EU-Staaten haben Schwierigkeiten, die Verpflichtung zum Monitoring und zur Durchführung von Sanierungsmaßnahmen an Stellen, wo Gewässer nicht der WRRL entsprechen, zu erfüllen [7].

Hydromapping-Daten führen zu einem besseren Verständnis von ökologisch-hydromorphologischen Prozessen. Dabei werden zusätzliche Indikatoren messbar (z. B. Wasserspiegellage) und damit können verbesserte oder neue Methoden mit Modellen, Software und Service kombiniert werden. Dies ist eine Grundvoraussetzung für die Entwicklung nachhaltiger Sanierungs- und Schutzstrategien für beeinträchtigte Ökosysteme.

2.3 Entwicklung von Airborne Hydromapping

Die Komplexität eines bathymetrischen Lasersystems erforderte die Zusammenarbeit zwischen einem industriellen Partner, der RIEGL Laser Measurement Sys-

tems, und dem akademischen Partner, dem Arbeitsbereich Wasserbau der Universität Innsbruck. Ersterer war für die Hardware-Entwicklung des Systems verantwortlich und Letzterer für gewässerbezogene Aufgabenstellungen und deren Verifikation. Hierbei wurden u. a. die Eindringtiefe, Auflösung und Genauigkeit definiert, damit das System in flachen Gewässern angewendet werden kann bzw. soll. Dieser Ansatz ist auch die Basis für eine weiterführende Forschungskoooperation. Dabei geht es um die weiterführende Hardware-Entwicklung des Lasersystems und dessen Verifikation, die Datenprozessierung und Software-Entwicklung sowie die Verbesserung der Vermessungsprozedur selbst. Der qualitative Sprung in der Dichte und Auflösung der Daten, im Schnitt 10 bis 20 Punkte/m² für den Bereich der Gewässersohle, bietet die Grundlage für eine Reihe von Folgeprojekten hinsichtlich der Forschung an Fragestellungen zu Hydraulik, Sedimenttransport und Gewässerökologie.

2.4 Motivation und bestehende Verhältnisse

Nach der Fertigstellung der neuen Kraftwerksanlage Rheinfelden war eine detaillierte Vermessung der Bathymetrie des Rheins bis in eine Tiefe von ca. 25 m erforderlich. Dabei sollten die baulichen Veränderungen in diesem Bereich, z. B. naturnahes Fließgewässer und Gwild, umfassend dokumentiert werden. Die Vermessung erfolgte im Auftrag der Energiedienst AG in Kooperation mit der Ingenieurteam Trenkle GmbH. Der ca. 6 km lange zu vermessende Abschnitt des Rheins liegt im südlichen Baden-Württemberg an der Grenze zur Schweiz östlich von Basel. Er erstreckt sich von der Rheinbrückstraße im Westen über die neue Kraftwerksanlage Rheinfelden bis zum Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt im Osten (**Bild 2**). Der Rhein ist hier ca. 150 bis 200 m breit. Durch den Neubau der Kraftwerksanlage Rheinfelden entstand u. a. ein ca. 900 m langes und ca. 60 m breites naturnahes Fließgewässer, eine der größten dieser Art in Mitteleuropa. Es gab zudem bauliche Veränderungen im Bereich des Gwilds direkt neben dem naturnahen Fließgewässer und dem Kraftwerk. Das Gwild wird durch ansteigendes Grundgestein definiert. Die Uferbereiche des Rheins sind auf Schweizer Seite durch dichte Auwälder gekennzeichnet.

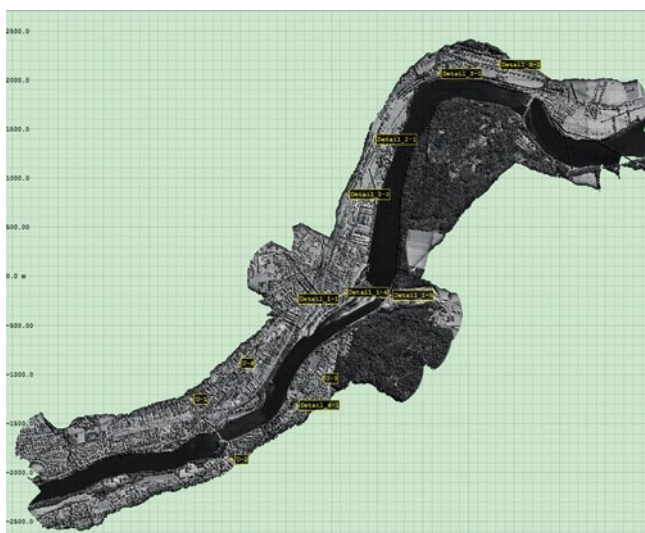


Bild 2: Projektgebiet und Verteilung der Passflächen im Projektgebiet; Punkte sind nach der Reflektanz/Intensität eingefärbt

3 Messkampagne

3.1 Befliegung

Für die Befliegung am 28. April 2012 wurde als Flugplattform die TECNAM P2006T verwendet (**Bild 3**). Zur Erfassung der Gewässersohle des Rheins in flachen Uferbereichen, im Bereich des naturnahen Fließgewässers sowie des Gwilds und der Topographie des Vorlandes wurde der gemeinsam entwickelte hydrographische Laserscanner VQ-820-G des Herstellers RIEGL verwendet (**Bild 3**). Dieser emittiert einen grünen Laserstrahl (Wellenlänge von 532 nm). Bei einer Wiederholungsrate von 250 kHz und hohen Scangeschwindigkeit von 200 Linien/s ist eine hohe räumliche Auflösung gewährleistet. Die Vermessung erfolgte in einer Flughöhe von ca. 600 m über Grund, was einer Scanstreifenbreite von ca. 450 m entspricht. Es wurden 17 Scanstreifen erfasst und bei Einbeziehung aller Streifen wurde eine Punktdichte von ca. 20 bis 40 Punkten/m² erreicht, wobei ca. 243 000 000 Punkte aufgezeichnet wurden. Die Gewässersohle wurde bis in eine Tiefe von 3,5 m erfasst. Dies ist auf den Eintrag von Feinmaterial aufgrund von Baumaßnahmen am Kraftwerk Rheinfelden zurückzuführen, was zu einer verstärkten Trübung führte.

3.2 Echolot

Die Echolotvermessungen im Projektgebiet erfolgten durch die Ingenieurteam Trenkle GmbH. Die Vermessungen fanden in mehreren Etappen im Dezember 2011, Januar 2012 und Mai 2012 statt. Es wurden 4 430 000 Punkte erfasst und decken einen Tiefenbereich von 2,5 m bis 25 m ab.

4 Aufbereitung Punktwolke

4.1 Georeferenzierung Laserdaten

Um eine hohe Genauigkeit der Kalibrierung der Laserscandaten zu gewährleis-



Bild 3: Flugzeug TECNAM P2006T

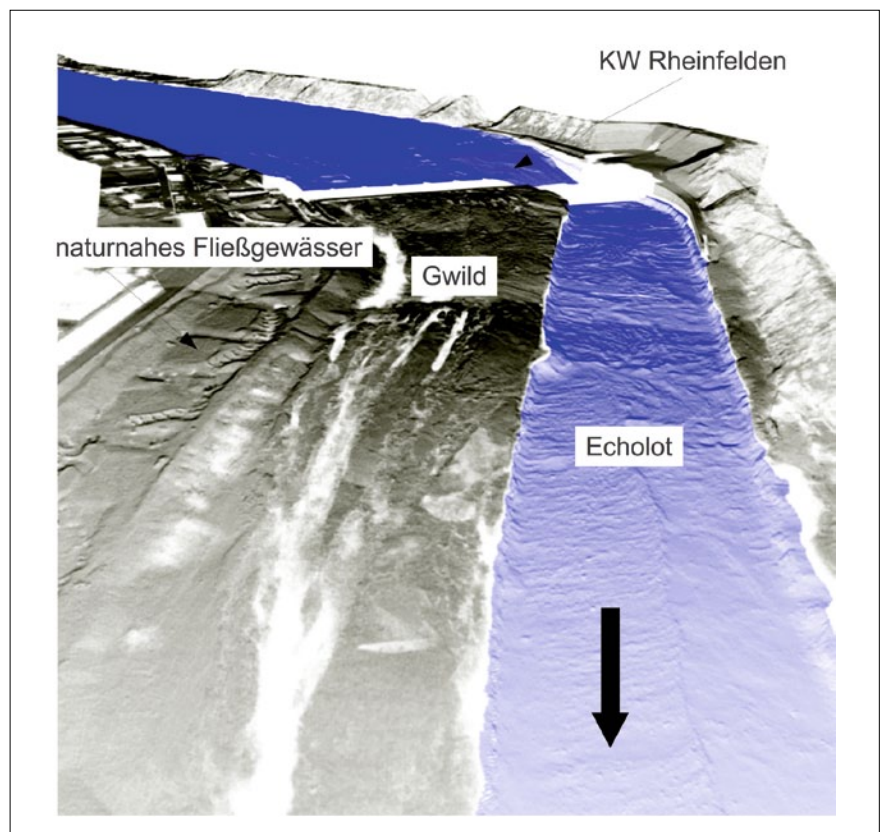
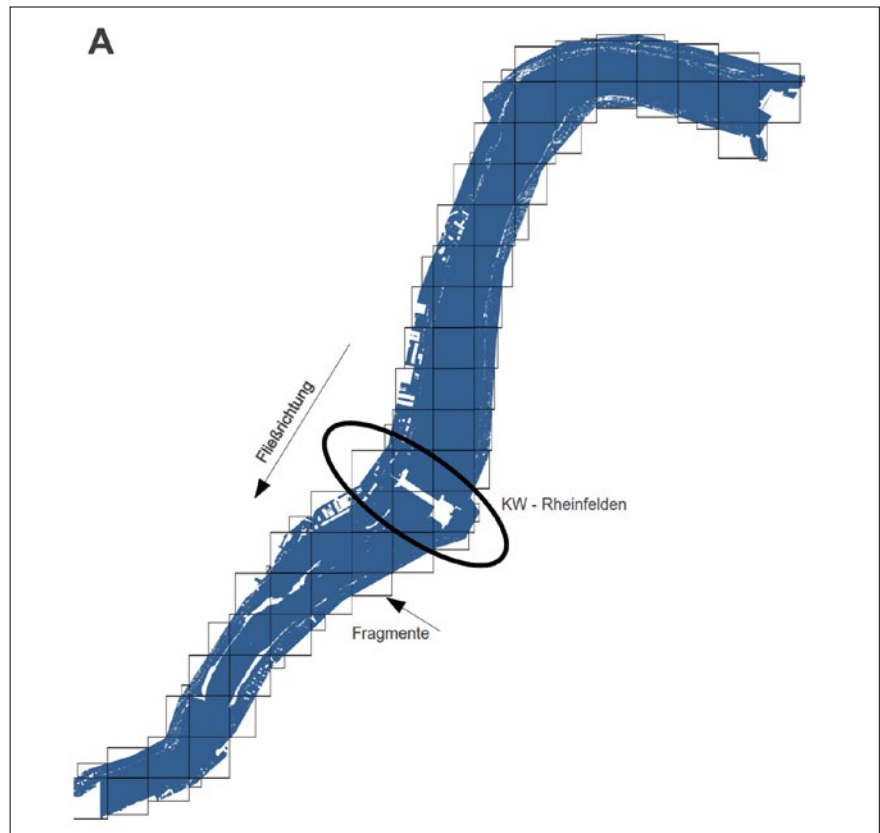


Bild 4: a) Fragmentierte Datenverwaltung der Punktwolke mit einer Fragmentgröße von 200 m; b) Verschneidung von Echolotdaten (blau) mit Airborne-Laserscandaten (schwarz), dargestellt sind nur die Bodenpunkte

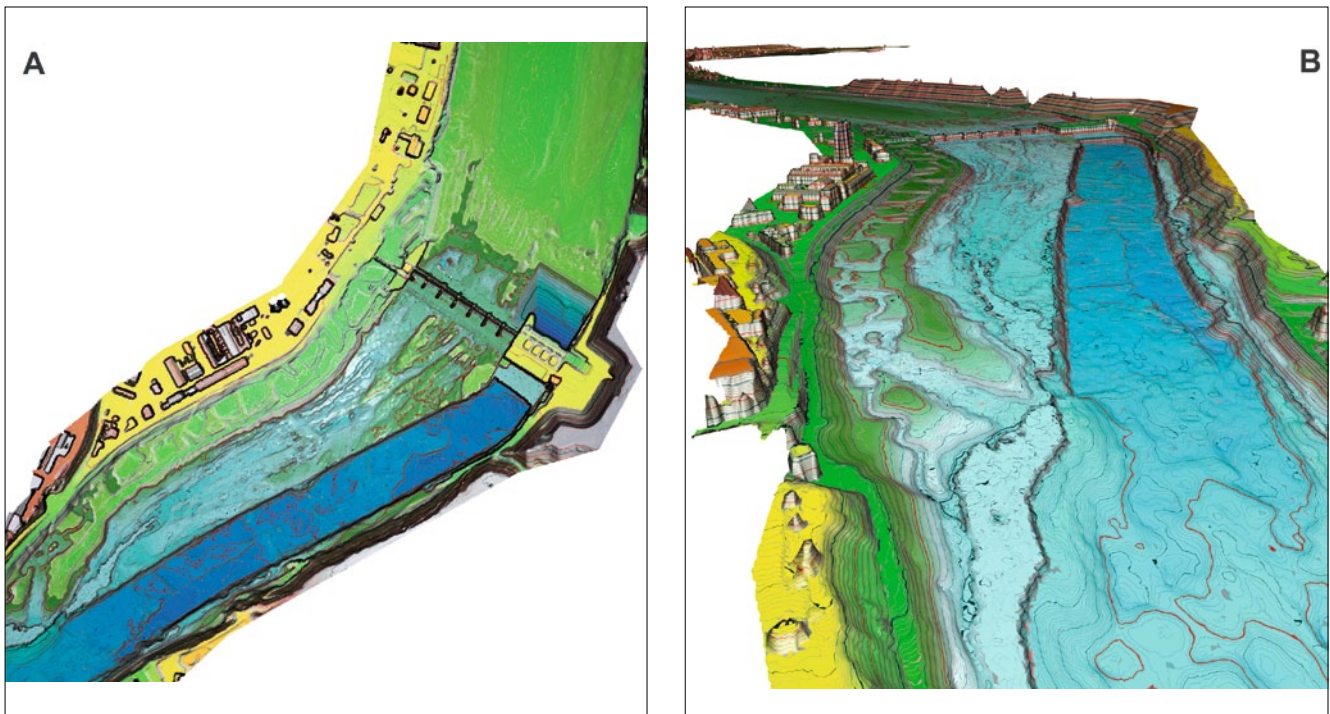


Bild 5: a) Konturlinien (Höhenlinienintervall 0,1 m), Kartenansicht; b) Konturlinien Unterwasser, Blick gegen die Fließrichtung

ten, erfolgte die terrestrische Aufnahme von Passpunkten im Projektgebiet durch die Ingenieurteam Trenkle GmbH. Die Passpunkte wurden an Hand der Laserdaten festgelegt und sind über das gesamte Gebiet verteilt (Bild 2). Ihre Einmessung erfolgte mittels GPS und die Koordinaten wurden im Gauss-Krüger-Zone-3-Format (Lage) ausgegeben und beziehen sich auf den neuen Schweizer Horizont (Höhe).

Die Scanstreifen wurden mit einem Streifenabgleich zueinander angepasst. Die verbleibende Restabweichung für diese relative Kalibrierung beträgt 0,04 bis 0,05 m (Standardabweichung). Anschließend wurde die gesamte Punktwolke auf mehrere Passflächen eingepasst, die an Hand der Passpunkte definiert wurden. Die Standardabweichung für die absolute Kalibrierung beträgt $\leq 0,06$ m.

4.2 Filterung und Klassifikation der Laserdaten

Nach der Korrektur der Wassertiefe für alle Gewässersohlenpunkte (Refraktion) erfolgte eine Punktfilterung und Klassifizierung aller Punkte nach Boden (Vorland & Gewässersohle), Vegetation bzw. Bebauung im Vorlandbereich, Uferbebauung bzw. Querbauwerke und Wasserspiegel. Zunächst wurde ein Filter eingesetzt, der Vegetationspunkte (z. B. Bäume und Nicht-Gewässersohlenpunkte, wie Gebäu-

de) erkennt. Danach erfolgte die endgültige Klassifizierung der Punkte in die oben genannten Klassen.

4.3 Datenexport

Für die weitere Datenbearbeitung mit HydroVISH wurden die Laserdaten vom ursprünglichen ETRS89-Koordinatensystem in das Gauss-Krüger-System mittels der offiziellen 7-Parameter-Transformation für Süddeutschland des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie überführt (Genauigkeit von 0,1 m). Die Daten wurden im ASCII-Format ausgespielt.

5 Datenauswertung mit HydroVish

Die visuelle Aufbereitung numerischer Daten wird mit zunehmender Datenmenge und -komplexität immer wichtiger. Die wissenschaftliche Visualisierung ist ein eigenes Forschungsgebiet, das sich mit der nicht-photorealistischen Darstellung von Daten im Unterschied zur Computergraphik beschäftigt. Leider werden dabei oftmals vielversprechende Methoden entwickelt, nach deren Veröffentlichung aber verworfen. Um dem entgegenzuwirken, wurde die Visualization Shell (Vish) als eine Infrastruktur entwickelt, die es ermöglicht, hardware-nahe und damit

direkt an der Forschungsfront gelegene Algorithmen in einer Softwareumgebung zu implementieren und eine Weitergabe an den Endanwender zu ermöglichen. Im akademischen Bereich steht Vish zur Weiterentwicklung in verschiedenen Anwendungsgebieten zur Verfügung; HydroVish ist der von Airborne Hydromapping weiterentwickelte und speziell auf von Airborne Hydromapping gewonnene Daten abgestimmte Ableger des allgemeinen Vish.

5.1 Datenverwaltung – F5-Format

Nach der Klassifizierung der Punktwolke müssen die Daten mit Positionsangaben (x, y, z) sowie z. B. Amplitudenstärke, Reflektanz/Intensität usw. ausgegeben werden. Die Größe der Datei kann ohne weiteres mehrere hundert Gigabyte annehmen und eine effiziente Datenverwaltung ist daher zwingend notwendig. Für die Handhabung solch großer Datenmengen wurde das binäre Hierarchical-Data-Format-Version-5 (HDF5) gewählt [8]. Dieses wurde eigens für die effiziente und flexible Speicherung von Massendaten am National Center for Supercomputing Applications entwickelt und ist das Datenformat für das NASA Earth Observing System [9]. HDF5 ist ein Containerformat, das keinerlei Organisation innerhalb des Containers vorschreibt. Um eine einheitliche und kon-

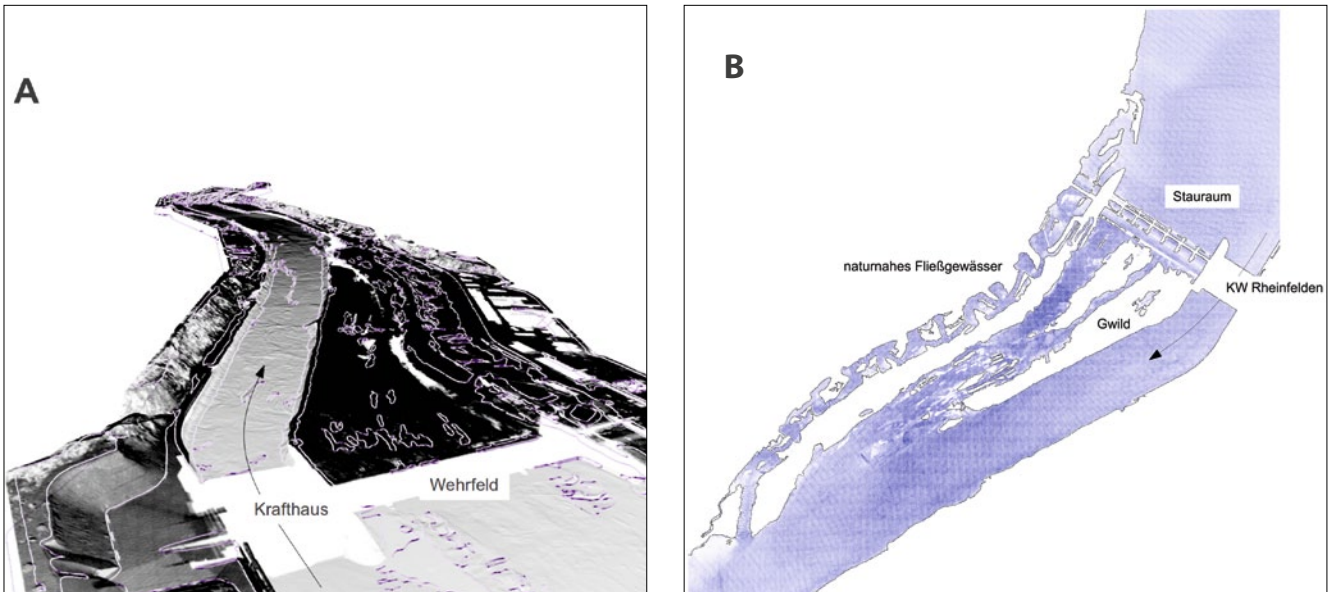


Bild 6: a) Darstellung der Bruchkanten basierend auf der 2. Ableitung des Höhenfeldes: Unterwasser, Blick in Fließrichtung; b) Wasserspiegel als Konturlinien (schwarze Linien). Airborne-Laserscandaten-Daten sind blau eingefärbt

sistente Speicherung zu definieren, ist im letzten Jahrzehnt das Datenformat F5 – basierend auf HDF5 – entwickelt worden [10]. F5 definiert ein hierarchisches Schema, in dem raum- und zeitabhängige Daten nach Eigenschaften, inspiriert u. a. von den mathematischen Konzepten der Faserbündel oder Differentialgeometrie, organisiert werden. Datenfelder (Fields) werden auf der Geometrie (Grids) gespeichert. Dabei wurden schon Datensätze

mit bis zu 10 Terabyte prozessiert und visualisiert. Die Out-of-core-Datenprozessierung – für den Speicher zu große Datenblöcke – wird durch eine Fragmentierung von Datenfeldern ermöglicht (**Bild 4a**).

Das Datenmodell erlaubt eine einheitliche und wiederverwertbare Softwareentwicklung. Es erleichtert den Datenaustausch mit einem hocheffizienten, offenen und transparenten Dateiformat.

Eine C-Bibliothek steht zum Lesen und Schreiben einer F5-Datei mittels weniger Funktionsaufrufe zur Verfügung [11]. Dies ist die Ausgangslage, um die folgenden Auswertungen effizient durchzuführen.

5.2 Verschneidung Echolot und Airborne Laserscandaten

Eine Herausforderung des Projektes Rheinfelden ist die Verschneidung von Echolotdaten und Airborne Laserscandaten. Der Laserstrahl dringt bei klaren Wasserbedingungen bis zu ca. 10 m tief ins Wasser ein. Da während der Befliegung teilweise sehr starke Trübungen aufgetreten sind, reduzierte sich die Eindringtiefe auf 3,5 m. Tiefere Sohlenpunkte wurden mittels Echolot vermessen (**Bild 4b**).

5.3 Kontur-, Bruchkanten- und Wasseranschlagslinien

Eine wichtige Aufgabe der Visualisierung ist das Darstellen von Konturlinien auf Grundlage der ALS-Daten allein bzw. der miteinander verschnittenen Airborne-Laserscandaten-Echolot-Daten. Für die Berechnung der Konturlinien im Bereich Rheinfelden wird der Algorithmus Marching Square auf einem gerasterten Gitter angewendet (**Bild 5**). Diese Konturlinien können dann ohne weiteres in jedes gängige CAD-Programm importiert und weiter bearbeitet werden. Eine weitere Hilfestellung für die Visualisierung stellen Bruchkanten dar. An Hand der zweiten Ableitung der Höhen auf einem geras-

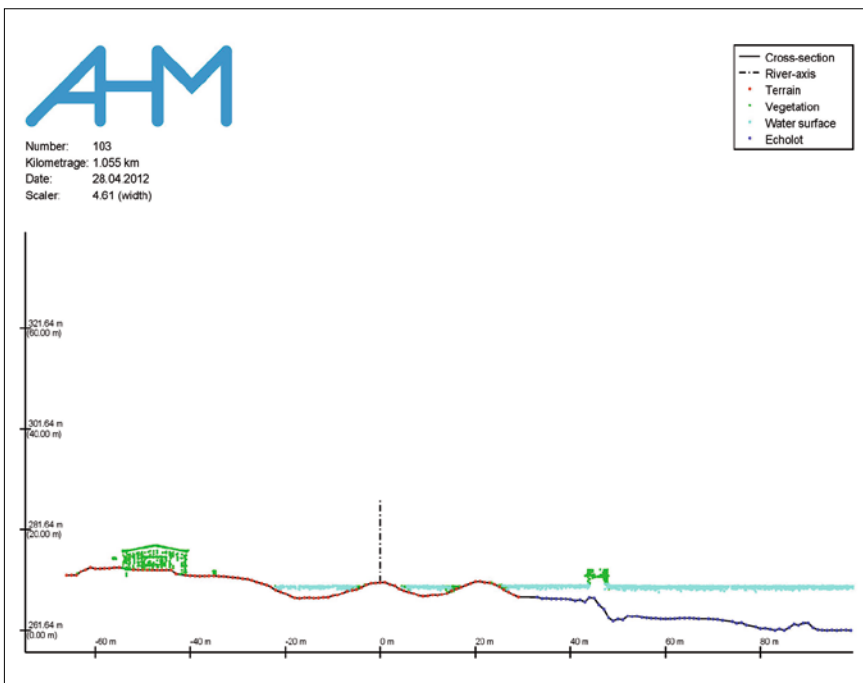


Bild 7: Querschnitt durch den Datensatz Echolot und Hydromapping, die Klassifizierung ist mit unterschiedlichen Farben dargestellt

terten Gitter können Krümmungen und daran anschließend Bruchkanten bestimmt werden. In **Bild 6a** sind die Bruchkanten für das Unterwasser von Rheinfelden dargestellt.

Für die Darstellung des Wasserspiegels wurden die umhüllenden Linien aus den Punkten der Klasse Wasseroberfläche berechnet (**Bild 6b**). Dies erlaubt die ganzheitliche Betrachtung der hydraulischen Situation des naturnahen Fließgewässers (Beruhigungsstrecke, Strömungsrichtung usw.). Der so bestimmte Wasserspiegel reicht nicht bis ganz an die Uferböschung. Bei Tiefen <15 cm kann für die empfangenen Lasersignale keine klare Trennung zwischen Boden und Wasserspiegel vorgenommen werden. Im Rahmen eines aktuellen Forschungsprojektes zwischen der Universität Innsbruck, der TU Wien, Airborne Hydromapping und RIEGL sowie verschiedener Wasserkraftbetreiber (Comet-K-Projekt) wird u. a. versucht, die Wasserspiegellage nicht nur aus der Höhenlage zu extrahieren, sondern auch Full-Waveform-Informationen zu nutzen.

5.4 Flussquerschnitte

Bei der Erstellung von Flussquerschnitten mit HydroVISH können sowohl Querschnitte entlang der Flussachse aus den Daten extrahiert als auch bestehende (z. B. terrestrische) Datensätze mit den Echolot-ALS-Daten kombiniert werden. **Bild 7** zeigt ein Beispiel, in dem die Punktklassen farblich aufgeschlüsselt dargestellt sind. Zusätzlich kann die Wassertiefe und die absolute Wasserspiegelhöhe im Bereich der Flussachse angegeben werden. Die Querschnitte werden als ASCII-Datei ausgegeben und die Lage der Schnitte wird in einer Gesamtansicht dargestellt.

5.5 Digitales Geländemodell, Luftbilder und Planarität

Neben den linienbezogenen Auswertungen (Konturlinien usw.) stellen Flächen eine weitere anschauliche Form der Visualisierung dar. Ein digitales Geländemodell (DGM) lässt sich mit Hilfe eines Rasters sehr schnell und mit ausreichender Genauigkeit erstellen (**Bild 5** und **Bild 8a**). Für ein konventionelles DGM werden aus-

schließlich Boden- u. Gewässersohlenpunkte verwendet. In **Bild 8a** sind aber auch Gebäude im DGM dargestellt, um den 3-D-Effekt zu betonen.

Mit HydroVISH ist es zudem möglich, Luftbilder auf einer Punktwolke abzubilden. Dabei werden für jeden einzelnen Punkt die RGB-Farbwerte eines über die Punktwolke gemappten Luftbildes abgespeichert (**Bild 8b**). Hier sind ebenfalls Informationen aus der digitalen Flurkarte auf Grundlage einer Shape-Datei dargestellt, um die Vielfältigkeit der vorhandenen Daten für das Projektgebiet zu vermitteln. Im Rahmen des oben genannten Forschungsprojektes wird zudem daran gearbeitet, dass mit Hilfe der Luftbilder die Klassifizierung der Punktwolke wesentlich verbessert werden kann.

Eine andere, hilfreiche Darstellung ist die Planarität in HydroVISH. Dieser Algorithmus ermöglicht die Einteilung der Punktwolke nach Linearität, Planarität und Sphärizität, welche durch eine Eigenwertanalyse eines Tensors berechnet wird. Der Tensor beschreibt geometrische Eigenschaften der lokalen Nachbarschaft

ANZEIGE



Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik

Die Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW umfasst neun Hochschulen. An der Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik, Institut Bauingenieurwesen, ist per 01.03.2014 folgende Stelle mit Arbeitsort Muttenz zu besetzen:

Professor/in für Wasserbau

Ihre Aufgaben: Leitung des Fachbereichs Wasserbau; eigenständige Erfüllung von Aufgaben in Lehre, Forschung und Expertisen; Lehre in den Themenbereichen Hydrologie, Hydraulik und konstruktiver Wasserbau; Betreuung von Projekt-, Bachelor- und Masterarbeiten; Akquisition und Leitung von Projekten in der Forschung; Ausbau und Pflege des Beziehungsnetzes der interregionalen Bauwirtschaft; Mitgestaltung der Zukunft des Instituts; Führung von Mitarbeitenden des Mittelbaus

Ihr Profil: Studienabschluss als Bauingenieur/in (ETH, FH, TU) mit entsprechend technisch-wissenschaftlichem Nachweis der Befähigung zur Forschung; mehrjährige Berufspraxis in der Projektierung und Ausführung von Projekten im Wasserbau; Fachkompetenz und didaktisches Geschick für eine praxisbezogene Lehre; Initiative und ein Flair für angewandte Forschung und Entwicklung sowie Dienstleistung; Bereitschaft zur strategischen Weiterentwicklung des Instituts; Loyalität und Teamfähigkeit; Befähigung, zu einem späteren Zeitpunkt auch Führungsaufgaben am Institut zu übernehmen

Ihre Bewerbung lassen Sie uns bitte bis zum 21.10.2013 vorzugsweise online über die gewünschte Ausschreibung unter www.fhnw.ch/offene-stellen zukommen. Alternativ können Sie Ihre Unterlagen auch direkt an Andreas Flück, HR-Verantwortlicher, Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik FHNW, Gründenstrasse 40, CH-4132 Muttenz, senden. Nähere Auskünfte erteilt Ihnen gern Prof. Dr. Peter Gonsowski, Institutsleiter, T +41 61 467 44 73.

www.fhnw.ch



Bild 8: a) Digitales, trianguliertes Geländemodell nach der Höhe eingefärbt, Blick gegen die Fließrichtung. Zellengröße 1 m; b) Luftbilder auf Punktwolke (Orthophoto vor der Umsetzung der neuen Kraftwerksanlage als Vergleichsgrundlage) sowie zusätzliche Informationen aus der digitalen Flurkarte

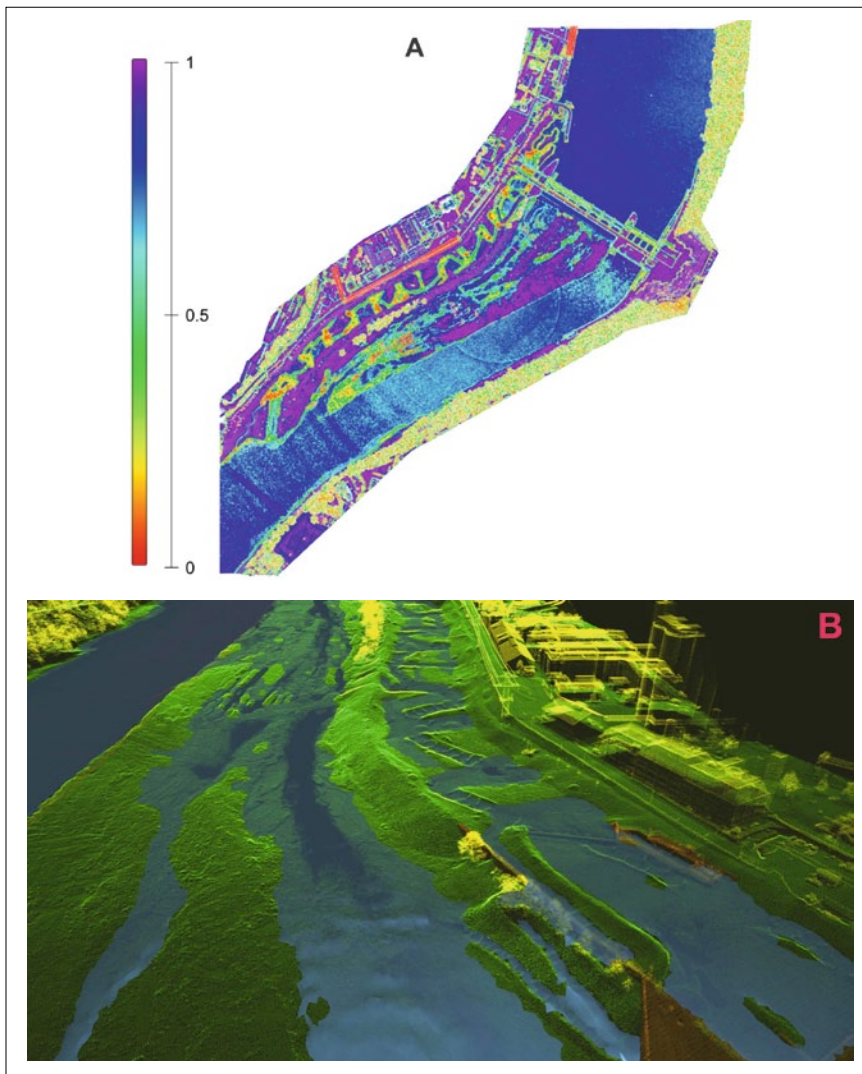


Bild 9: a) Planarität der Punktwolke: blau bedeutet, dass die Punkte auf einer Ebene liegen (z. B. Wasserspiegel), rot bedeutet geringe Planarität (z. B. Vegetation); b) Plastische Darstellung der Punktwolke mit transparenter Wasserspiegeloberfläche und nach Klassen gefärbte Punkte, Blick in Fließrichtung

eines Punktes in einer Punktwolke. In **Bild 9a** ist die Planarität für das Kraftwerk Rheinfelden dargestellt. Blaue Punkte besitzen planare Eigenschaften und liegen auf einer Fläche, wohingegen gelbe Punkte eine geringe Planarität aufweisen (z. B. Bäume und Büsche).

5.6 Plastische Darstellung der Punktwolke

Eine sehr anschauliche Visualisierung des Kraftwerkes Rheinfelden wurde durch die halb-transparent, eingefärbte Darstellung der Punktwolke erreicht (**Bild 9b**). An Hand dieser Abbildung ist auch für ungeschulte Augen leicht nachvollziehbar, wie die hydraulischen Gegebenheiten (z. B. naturnahes Fließgewässer) mit dem restlichen Gelände zusammenwirken.

6 Ausblick

Die Auswertungen mit der Software HydroVISH im Rahmen des Projektes Rheinfelden haben deutlich gezeigt, dass eine ingenieurkonforme Aufbereitung der hydraulischen Gegebenheiten auf Grundlage von Airborne-Laserscandaten-Echolot-Daten selbst bei großen Punktwolken möglich ist. Im gerade angelaufenen Forschungsprojekt (Comet-K-Projekt) in Österreich ist zudem angedacht, den Großteil der Auswertungen direkt an der Punktwolke selbst durchzuführen, ohne den Umweg über eine gerasterte Punktwolke zu nehmen. Ein weiterer Meilenstein in diesem Forschungsprojekt ist die Auswertung der Full-Wave-Form. Bisher wird das Signal der Lasermessung in der

Messeinheit selbst sofort ausgewertet und als diskretes Messergebnis abgespeichert (Online-Processing der Daten). Das Ziel ist es daher, das komplette Lasersignal (Full-Wave-Form) abzuspeichern und für weitere Untersuchungen, wie die Klassifizierung, zu verwenden.

Autoren

Dr. rer. nat. Ramona Baran
Dipl.-Ing. Dr. techn. Wolfgang Dobler
Dipl.-Ing. Frank Steinbacher
Dipl.-Ing. Marcel Ritter
Manfred Niederwieser, M. Sc.
Werner Bengler, Mag. Dr.
 AirborneHydroMapping OG
 Technikerstr. 21a
 6020 Innsbruck, Österreich
 r.baran@ahm.co.at
 w.dobler@ahm.co.at
 f.steinbacher@ahm.co.at
 m.ritter@ahm.co.at
 m.niederwieser@ahm.co.at
 w.leimer@ahm.co.at

Prof. Dr.-Ing. habil. Markus Aufleger

Arbeitsbereich Wasserbau
 Universität Innsbruck
 Technikerstr. 13
 6020 Innsbruck, Österreich
 markus.aufleger@uibk.ac.at

Literatur

- [1] Heritage, G.; Large, A. R. G.: Laser scanning for the environmental sciences. Wiley-Blackwell, United Kingdom, 2009.
- [2] Hilker, N.; Badoux, A.; Hegg, C.: The Swiss flood and landslide damage database 1972-2007; In: Natural Hazards and Earth System Sciences (2009), Nr. 9, S. 913-925.

- [3] Steinbacher, F.; Pfennigbauer, M.; Aufleger, M.; Ullrich, A.: AirborneHydroMapping – Area wide surveying of shallow water areas. Proc. of 38th ISPRS Congress, ISPRS, 2010.
- [4] Pfennigbauer, M.; Steinbacher, F.; Aufleger, M.: A novel approach to laser-based hydrographic data acquisition. In: European LiDAR Mapping Forum, Salzburg, Austria, 2010.
- [5] Pfennigbauer, M.; Steinbacher, F.; Ullrich, A.; Aufleger, M.: High resolution hydrographic airborne laser scanner for surveying inland waters and shallow coastal zones. In: Proc. of SPIE 8037, 8037-5, Orlando, 2011.
- [6] Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie; WRRL). In: ABl. der EG, 2000, L 327, S. 1-72.
- [7] Pinz, K.: 10 Jahre Wasserrahmenrichtlinie: Sachstand zwischen Erwartung und Befürchtungen, Anspruch und Realität. In: Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (Hrsg.): WARNSIGNAL KLIMA: Genuß Wasser für alle?, 2011.
- [8] HDF-Group (Hrsg.): The HDF5 Home Page (www.hdfgroup.org/HDF5; Aufruf April 2013).
- [9] NASA (Hrsg.): The Earth Observatory System (<http://eosps.gsfc.nasa.gov>, Aufruf April 2013).
- [10] Bengler, W.: Visualization of General Relativistic Tensor Fields via a Fiber Bundle Data Mode, Lehmanns Media-LOB, 2004.
- [11] Ritter, M.: Introduction to HDF5 and F5. In: CCT Technical Report Series, Baton Rouge, Louisiana, CCT-TR-2009-13, 2009.

Ramona Baran, Wolfgang Dobler, Frank Steinbacher, Marcel Ritter, Manfred Niederwieser, Werner Bengler and Markus Aufleger

Merging Airborne Hydromapping and Echo Sounding Data at Rheinfelden

Airborne Hydromapping is a new technology for the very detailed survey of rivers, lakes and reservoirs. This airborne-operated, water-penetrating laser system is considered as a technical revolution for the comprehensive and simultaneous monitoring of shallow water bodies (depths down to 8 m), and the adjacent foreland with an accuracy of less than 10 cm. In contrast, sonar measurements are traditionally utilized to determine the deeper bathymetry of rivers, deltas, lakes, and reservoirs (depths of 2 m down to more than 100 m). We successfully merged the Hydromapping and sonar data of the river Rhine by using the software HydroVISH. The results show the great potential of such data merging for water-engineering related economic and scientific issues.



Anzeigen-Service
(0611) 7878 338

Рамона Баран, Вольфганг Доблер, Франк Штайнбахер, Марсель Риттер, Манфред Нидервизер, Вернер Бенгер и Маркус Ауфлегер

Применение технологии Airborne Hydromapping и многолучевого эхолотного исследования в округе Рейнфельден

Airborne Hydromapping - это новая технология, применяемая для проведения очень подробного исследования рек, озер и водохранилищ. Лазерная система является водопроницаемой, что делает возможным осуществление одновременного сбора сведений о батиметрии мелководья (глубины до 8 м) и топографии смежной поймы (точность <10 см). Классическая съемка с помощью многолучевого эхолота представляет собой альтернативу для глубин от 2 до 100 м. Задачей является закрыть «пробел» между двумя методами посредством их комбинированного применения, как это показывается на примере применения HydroVISH в округе Рейнфельден (Rheinfelden).