

Photogrammetrische Erfassung von Biberrevieren zur Untersuchung des Wasserrückhaltes an Fließgewässern

Lisa KNOPP, Konrad EDER, Uwe STILLA

Photogrammetrie und Fernerkundung, Technische Universität München · stilla@tum.de

Zusammenfassung

Im Beitrag wird die Anwendungsmöglichkeit der Photogrammetrie zur 3D-Rekonstruktion von Biberdämmen untersucht und ein geeigneter Ablauf für die Datenerfassung und Prozessierung beschrieben. Im Zuge der photogrammetrischen Auswertung werden zunächst Kameraorientierung, Punktverdichtung, Orthophoto und ein Digitales Geländemodell berechnet. Daraus werden anschließend projektrelevante Informationen, wie die Höhen der Wasserniveaus, die Lage der Uferlinien sowie die Dammform extrahiert. Als Datengrundlage dienen Multikopter-Aufnahmen sowie terrestrische Aufnahmen eines Biberreviers (Glonn/Erdweg), die im Frühjahr 2016 erfaßt wurden. Die erreichten Genauigkeiten werden anhand verschiedener Qualitätskriterien beurteilt und liegen im Bereich weniger Zentimeter.

1 Einleitung

Die Ansiedlung und der Schutz von Bibern (Abb. 1) werden nicht nur in Bayern bezüglich der Schäden und des Nutzens sehr kontrovers und emotional diskutiert. Biber sind hervorragende Bauherren. Entsprechen die Wasserstände in den von ihm besiedelten Gewässern nicht ihren Bedürfnissen, so gestalten sie ihren Lebensraum um, indem sie Dämme bzw. Dammkaskaden bauen. Die Dämme haben dabei je nach Gebiet eine Länge von wenigen Metern bis zu über 100 Meter, wobei viele Tonnen Material verbaut werden (BLECKMANN & RUDOLPH 2014). Durch das angestaute Wasser werden Uferbereiche überflutet, der Grundwasserspiegel in Auenbereichen angehoben und weiter entfernte Senken mit Wasser gefüllt. Bei der landschaftlichen Umgestaltung beachtet der Biber weder Grundstücksgrenzen noch Nutzungspläne, was besonders bei landwirtschaftlicher Nutzung in Ufernähe zu Konflikten mit Eigentümern führen kann. Dabei werden auch Schäden mit dem Verbrauch von Nutzpflanzen durch Verzehr oder Verbauung, Untergrabungen und die Fällungen von wertvollem Nutzholz, Obstbäumen, Ziergehölzen sowie einzeln stehenden alten Bäumen mit hohem emotionalem Wert reklamiert. In manchen Regionen Bayerns haben Biber inzwischen jeden geeigneten Wasserlauf besiedelt, wobei in Bayern der Bestand auf über 14000 Tiere geschätzt wird (BLECKMANN & RUDOLPH 2014). Aus Sicht des Naturschutzes werden die



Abb. 1: Biber in der Nähe eines untersuchten Reviers bei Freising / Bayern

zen noch Nutzungspläne, was besonders bei landwirtschaftlicher Nutzung in Ufernähe zu Konflikten mit Eigentümern führen kann. Dabei werden auch Schäden mit dem Verbrauch von Nutzpflanzen durch Verzehr oder Verbauung, Untergrabungen und die Fällungen von wertvollem Nutzholz, Obstbäumen, Ziergehölzen sowie einzeln stehenden alten Bäumen mit hohem emotionalem Wert reklamiert. In manchen Regionen Bayerns haben Biber inzwischen jeden geeigneten Wasserlauf besiedelt, wobei in Bayern der Bestand auf über 14000 Tiere geschätzt wird (BLECKMANN & RUDOLPH 2014). Aus Sicht des Naturschutzes werden die

ökologischen Vorteile der durch Biber angelegten Biotope im Hinblick auf die Natürlichkeit und Artenfülle hervorgehoben. Besondere Bedeutung kommt dabei auch der Regulation des Wasserhaushalts zu.

Hochwasserkatastrophen wie 2016 in Niederbayern zeigen, wie aktuell das Thema Hochwasserschutz ist und wie wichtig es bleibt, sich mit Möglichkeiten des Wasserrückhaltes auseinanderzusetzen. Genau dies ist das Ziel des 2015 gestarteten Projekts „Prozessbasierte Modellierung natürlicher sowie dezentraler Hochwasserrückhaltemaßnahmen zur Analyse der ereignis- und gebietsabhängigen Wirksamkeit“ des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz (DISSE 2016). Dabei werden nicht nur klassische Maßnahmen, z.B. Rückhaltebecken, betrachtet, sondern auch „natürliche“ Retentionsmaßnahmen, wie beispielsweise Biberdämme. Die Hochschule Weihenstephan-Triesdorf startete hierzu 2015 ein gesondertes Projekt, in dem u. a. der Einfluss des Bibers auf den Wasserrückhalt untersucht wird (ZAHNER 2015). Um den Wasserrückhalt bei Ereignissen (z.B. Starkwasser) systematisch untersuchen zu können, sind die Biberreviere mit den Dämmen geometrisch zu erfassen und entsprechende Simulationen zu berechnen.

Die bisherigen Verfahren zur Erfassung von Biberdämmen beruhen auf Messungen mit Maßband und Nivellement (RUOFF 2015). Da dies jedoch für eine großflächige Erfassung zu zeitaufwendig ist, soll die Geometrie der Staubereiche, inklusive deren Dämme und Uferbereiche, mit Hilfe der Photogrammetrie gewonnen werden. Diese Daten können dann in Form einer 3D-Punktwolke in entsprechende hydrologische Auswertesoftware integriert werden und dienen so gemeinsam mit weiteren Parametern (z.B. Wasserdurchlässigkeit, Holzart, Bewuchs) als Grundlage für Hochwassersimulationen. Da Biber unterschiedliche Konstruktionen für Dämme wählen, sollen in Bayern mindestens 30 Biberdämme erfasst werden.

2 Datenerfassung



Abb. 2: Übersicht des Biberreviers Glonn / Erdweg

Für die Erarbeitung einer geeigneten Datenaufnahme und Prozessierung wurde als Untersuchungsgebiet das Revier Glonn / Erdweg im Nordwesten Münchens ausgewählt. Getrennt durch vier große Dämme erstreckt sich das Gebiet auf ca. 350 m Länge über fünf Haupt-Wasserniveaus (siehe Abb. 2).

Da viele Bibergebiete schwer zugänglich sind, wurde zunächst versucht, das Gebiet ausschließlich mit Luftbildaufnahmen zu erfassen. Für den späteren Übergang in die Landeskoordinaten wurden entlang des Projektgebiets Passpunkte verteilt und mit GPS eingemessen.

Für die Vermarkung werden vor allem rund zugeschnittene Styroporplatten verwendet, da diese leicht zu transportieren sind und ohne weiteres Zubehör mit einem Plastikdübel am Boden befestigt werden können. Zusätzlich wird in jedem Niveau eine Wassermarkierung für die Höhenbestimmung ausgelegt. Realisiert

werden diese durch auf dem Wasser schwimmende Styroporplatten, die im Uferbereich befestigt werden (siehe Abb. 3).

Im vorgestellten Gebiet erfolgte die Befliegung mit einem Multikopter und wurde in zwei unterschiedlichen Flughöhen durchgeführt. Die erste Aufnahme erfolgte Ende Februar bei einer Flughöhe von ca. 50 m und starker Bewölkung. Die spätere Auswertung zeigte jedoch für die Kamera NEX-7 mit 19 mm Festbrennweite, dass die Bilder aus dieser Flughöhe einen prozentual hohen Anteil an Braunkronen im Bild zeigen und eine ausreichende automatische Bildverknüpfung nicht möglich war. Die Befliegung wurde daher im Mai bei einer Flughöhe von ca. 100 m wiederholt. Zwischenzeitlich wurden zudem einige Aufnahmen der Dämme vom Boden aus durchgeführt.



Abb. 3: Meßmarken (Land, Wasser)

3 Photogrammetrische Auswertung

3.1 Erzeugung photogrammetrischer Produkte

Nach ausführlicher Analyse des Datenmaterials und der mehrfachen Auswertungen unter Nutzung verschiedener Softwareumgebungen (sowohl mit manueller, semi-automatischer und automatischer Verknüpfungspunktsuche), lieferte Pix4D die besten Ergebnisse und wird daher für die weitere Bearbeitung verwendet.

Es werden zunächst drei Passpunkte manuell im Bildeditor eingemessen. Die Markierung der übrigen Passpunkte erfolgt anschließend in der Punktwolke, manuelle Korrekturen müssen nur in geringem Umfang vorgenommen werden. Nach einer automatischen Punktverdichtung, bei der die rund 200.000 generierten Verknüpfungspunkte zu einer Punktwolke mit 11 Millionen Punkten ergänzt werden, wird anschließend ein digitales Geländemodell und ein Orthophoto generiert. Das Orthophoto wird optimiert, indem Saumlinien im Bereich der Dämme und Uferlinien vermieden und stattdessen in irrelevante Bereiche, wie beispielsweise Wald oder die Gewässermitte, gelegt werden.

3.2 Extraktion projektrelevanter Informationen

Ausgehend von den bisherigen Produkten können nun verschiedene für die oben genannten Projekte relevante Informationen über das Biberrevier gewonnen werden. Hierzu zählen die Höhen der Wasserniveaus, die Uferlinien sowie die Dammform.

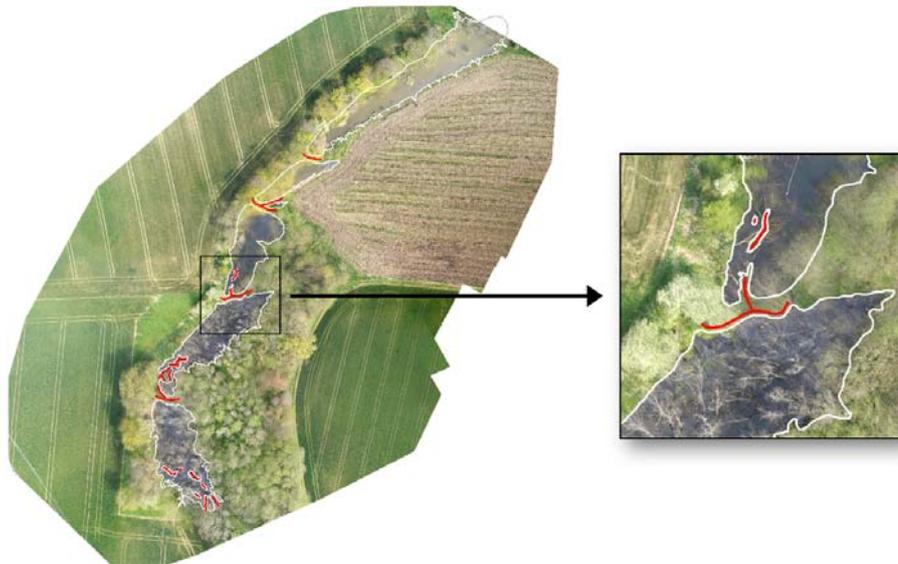


Abb. 4: Orthophoto mit digitalisierten Uferlinien und geschätzter Dammkrone

Zunächst erfolgt die Bestimmung der Wasserhöhen. Diese dienen bei Hochwassersimulationen zur Überprüfung des hydrologischen Modells: Die nach der Simulation erreichten Wasserhöhen des Staubereichs können mit den Gemessenen verglichen werden und erlauben so Rückschlüsse auf die Korrektheit des Modells. Für die Messung der Höhenniveaus werden zunächst Referenzpunkte an der Wasseroberfläche ausgewählt. Hierzu dienen die bei der Messung ausgelegten Wassermarken, Wasserränder an Baumstämmen, sowie sonstige aus dem Wasser auftauchende Gegenstände (hier z.B. ein Gartenstuhl). Sind alle Referenzpunkte gemessen, wird die Punktwolke optimiert und dadurch Koordinaten für die Referenzpunkte bestimmt. Um eine ausreichende Genauigkeit zu erhalten, werden pro Wasserniveau die Ergebnisse von mindestens drei Referenzpunkten gemittelt.

Ebenfalls von Interesse sind die Uferlinien, da diese die Staubereiche abgrenzen. Als Datenformat eignet sich eine Vektordatei; die Digitalisierung erfolgt in ArcMap. Abb. 4 zeigt das entstandene Orthophoto mit den eingezeichneten Uferlinien (weiß) und den geschätzten Dammkronen (rot).

Von besonderer Bedeutung ist zudem die Form des Dammes, da diese als Grundlage für die Simulationen dient. Aus dem Orthophoto kann bereits die ungefähre Lage des Dammes abgegrenzt werden. Da im Zuge der photogrammetrischen Auswertung im Bereich der Dämme nicht ausreichend Verknüpfungspunkte gefunden werden konnten, liegt auch keine Punktwolke der Dämme vor. Die Bilder werden daher gemeinsam mit den bereits berechneten Parametern (innere und äußere Orientierung, gemittelte Flughöhe, etc.) in die Auswertesoftware ERDAS Imagine importiert. Dort können die Bilder im Stereomodus übereinandergelegt und so die Höhen der Dämme abgegriffen werden.

Die Verwendung von zusätzlichen terrestrischen Aufnahmen ist sehr hilfreich. Versuche mit den Bodenaufnahmen zeigen, dass dann sogar einzelne Hölzer deutlich zu erkennen

sind und diese als 3D-Objekte modelliert werden können. Uferlinien und Dammkronen können innerhalb der Punktwolke digitalisiert werden (siehe Abb. 5 in orange) und enthalten somit nicht nur Lage-, sondern auch Höheninformation. Ebenso können terrestrische Aufnahmen für die Bestimmung der Wasserhöhe von Vorteil sein. Durch die bessere Auflösung sind zusätzliche Strukturen, wie z.B. kleine Blätter, auf der Wasseroberfläche zu erkennen. Diese wiederum eignen sich ausgezeichnet als Referenzpunkte für die Bestimmung der Wasserhöhe.



Abb. 5: Texturierte Punktwolke eines Biberdamms mit einer 3D Polylinie (orange), welche die Dammkrone zeigt.

3.3 Visualisierung

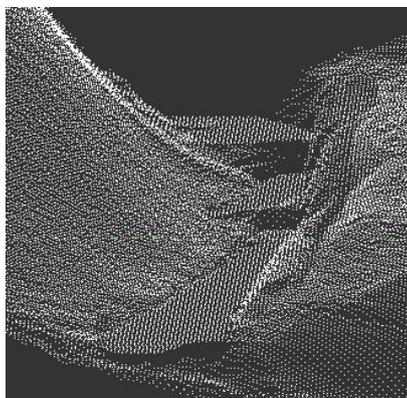


Abb. 6: Punktwolke des Stau-bereichs (überhöhte Ansicht)

Bevor das DGM visualisiert werden kann, müssen noch einige manuelle Korrekturen durchgeführt werden: Wegen des starken Bewuchses im Bereich der Uferzone enthält das DGM Bäume und Sträucher, die entfernt werden müssen. Damit keine Löcher entstehen, wird der Datensatz mit dem DGM der Vermessungsverwaltung kombiniert. Zudem kann die Wasseroberfläche auf Grund mangelnder Verknüpfungspunkte nicht korrekt dargestellt werden. Die Wasserniveaus werden daher unter Zuhilfenahme der extrahierten Uferlinien und berechneten Höhen auf das korrekte Niveau gesetzt. Abb. 6 zeigt einen Ausschnitt der finalen Punktwolke, in dem die untersten drei Wasserniveaus (1-3) in überhöhter Ansicht dargestellt sind.

4 Diskussion der Ergebnisse

Die erstellten Produkte dienen als Grundlage für weitere Berechnungen wie beispielsweise für die Simulation von Hochwasserszenarien im Bereich der Biberdämme. Für das betrachtete Testgebiet liegt die Genauigkeit der Georeferenzierung bei 1,1 cm (RMS) und ist damit in etwa halb so groß wie die durchschnittliche Bodenpixelgröße von 2,13 cm. Für die Hochwassersimulationen ist insbesondere die relative Genauigkeit der Punktwolke relevant. Als Faustformel kann dabei von der ein- bis dreifachen Bodenpixelgröße ausgegangen werden (PIX4D 2016).

Die Bestimmung der Absoluthöhen der Wasserniveaus stellt den kritischsten Faktor bei der Erstellung der finalen Punktwolke dar. In den freiliegenden Staubereichen 1 bis 3 (siehe Abb. 2) liegt die Genauigkeit der gemessenen Höhen bei Werten von 2 bis 7 cm. In den stark bewaldeten Bereichen 4 und 5 jedoch erreicht die Standardabweichung teilweise bis zu 40 cm. Die Ergebnisse dieser beiden Niveaus sind für hydrologische Simulationen daher nicht geeignet. Die größte Herausforderung stellt die Verdeckung durch Vegetation dar. Die Dämme liegen meist in bewaldeten Gebieten, sodass diese auf den Aufnahmen oft durch Bäume verdeckt sind. Zudem sind die Dämme selbst oft mit hohen Gräsern und Sträuchern bewachsen, was die Bestimmung der Dammform erschwert. Die Luftbilddaufnahmen sollten daher nach dem Blattfall und vor dem Laubaustrieb in den Monaten November bis März erfolgen. Weiterhin erschweren kleinere Dämme, die sich nur über einen Teil der Gewässerbreite erstrecken die Bestimmung der Wasserhöhe. Ausgehend von Luftbildern ist es zudem äußerst schwer zu beurteilen, ob es sich bereits um einen Damm handelt oder nur um belanglos im Wasser liegendes Gehölz bzw. eine weiter ins Wasser reichende Grasfläche. Das Einbinden terrestrischer Aufnahmen hat sich als sehr hilfreich erwiesen.

Literatur

- BLECKMANN, F., RUDOLPH, B.-U. (2014): Biber - Baumeister der Wildnis. Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU). www.lfu.bayern.de
- DISSE, M., (2016): ProNaHo: Prozessbasierte Modellierung Natürlicher sowie Dezentraler Hochwasserrückhaltemaßnahmen zur Analyse der ereignis- und gebietsabhängigen Wirksamkeit (ProNaHo). In: <https://www.hydrologie.bgu.tum.de> (11.11.2016)
- PIX4D, (2016): Pix4Dmapper Software Manual. In: www.support.pix4d.com. (11.11.2016)
- RUOFF, K., (2015): Auswirkungen von Biberdämmen auf die Strukturvielfalt und Durchgängigkeit von Fließgewässern im östlichen Main-Kinzig-Kreis, Frankfurt am Main: Johann Wolfgang Goethe-Universität, Institut für Ökologie, Evolution und Diversität, Fachbereich Biowissenschaften, Masterarbeit
- ZAHNER, V., (2015): Die Wirkung des Europäischen Bibers (*Castor fiber*) auf den natürlichen Wasserrückhalt an ausgewählten Fließgewässern Bayerns. Weihenstephan: Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Fakultät für Wald und Forstwirtschaft, Projektbeschreibung.
- ZAHNER, V., SCHMIDBAUER, M., SCHWAB G., (2009): Der Biber. Die Rückkehr der Burgherren. Buch- und Kunstverlag Oberpfalz, Amberg