

geoplana - zu Luft, zur Straße und: zu Wasser

Aus der Praxis:

Neuerstellung der Digitalen Bundeswasserstraßenkarte

geoplana Ingenieurgesellschaft mbH und Becker GeoInfo GmbH hatten im Frühjahr 2019 vom Wasser- und Schifffahrtsamt in Berlin den Auftrag zur Neuerstellung der Digitalen Bundeswasserstraßenkarte 1:2000 (DBWK2) im Bereich der Unteren-Havel-Wasserstraße von km 16,3 – 68,1 inklusive Nebengewässer erhalten.

Die DBWK2 ist das Basiskartenwerk für Betrieb, Unterhaltung und Ausbau der Bundeswasserstraßen. Sie liefert eine ihrem Maßstab entsprechende, genaue und vollständige Wiedergabe der Erdoberfläche im Bereich der Wasserstraße.

Dargestellt werden alle für die Belange der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) relevanten Objekte, Anlagen und Bauwerke. Topographische Einzelheiten kommen zur Abbildung, sofern sie für den Betrieb, die Unterhaltung und die Sicherheit der Wasserstraße von Bedeutung oder anderweitig für die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung von Interesse sind. Hierzu zählen u.a. die Schifffahrtszeichen, das Festpunktfeld, die Kilometrierung, die Verwaltungsgrenzen, die Höhenlinien und Leitungen im Wasserstraßenbereich, die WSV-Eigentumsgränze usw.

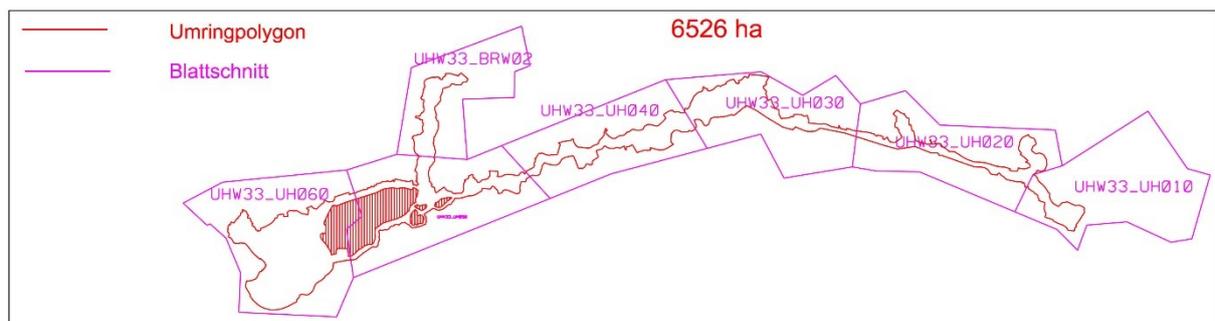


Abb. 1 Bereich der Neuerstellung der DBWK2 mit Blattschnitteinteilung (vicinity)
Untere-Havel-Wasserstraße km 16,3 – 68,1 inklusive Nebengewässer

Datenerfassung

Die DBWK2 wurde durch Befliegung mit anschließender photogrammetrischer Luftbildauswertung erzeugt. Vor der Befliegung wurden 73 Pass- und 6 Kontrollpunkte im Gelände signalisiert und die Koordinaten im System ETRS89/UTM Zone 33 für die Lage und im System DHHN2016 für die Höhe bestimmt.

Die Passpunkte wurden entsprechend den Anforderungen an eine stabile Aerotriangulation gleichmäßig über die Flugstreifen verteilt. Jeweils an den Blockrändern und innerhalb der Flugstreifen selbst wurden Passpunkte festgelegt. Die Kontrollpunkte dienten zur eigenen Überprüfung der Genauigkeit der Aerotriangulation.

Signalisierung eines Hektometersteins



Signalisierung eines Passpunkts



Abb. 2 Die Messung der Passpunkte erfolgte mittels dGPS

Der Bildflug wurde im Büro mit einer speziellen Bildflugplanungssoftware gemäß den Projektanforderungen geplant. Anschließend wurden alle notwendigen technischen Parameter für den Bildflug, wie z.B. die Flughöhen der einzelnen Streifen, vor dem Flug in das Kamerasystem geladen. Anhand der Wetterbedingungen im Befliegungsgebiet wurden die kameraspezifischen Einstellungen für den Bildmessflug getroffen. Hierbei spielte die langjährige Erfahrung des Piloten für die korrekten Einstellungen, beispielsweise die der Blendenzahl, eine entscheidende Rolle.

Flugzeug:	Cessna 340A
Digitalkamera:	Leica DMCIII
GPS-System:	Novatel / SPAN GNSS/INS
INS-System:	Northrop-Grumman LITEF GmbH / GNUS5-H LCI-100C, 500 Hz
Bildflugdatum:	23. März 2020
Bodenauflösung:	< 10 cm
Längsüberdeckung:	80%
Querüberdeckung:	60%
Anzahl Flugstreifen:	19
Anzahl Aufnahmen:	1.307
Anzahl Flugstreifen-Km:	316



Abb. 3 Bildflugparameter und -ausstattung

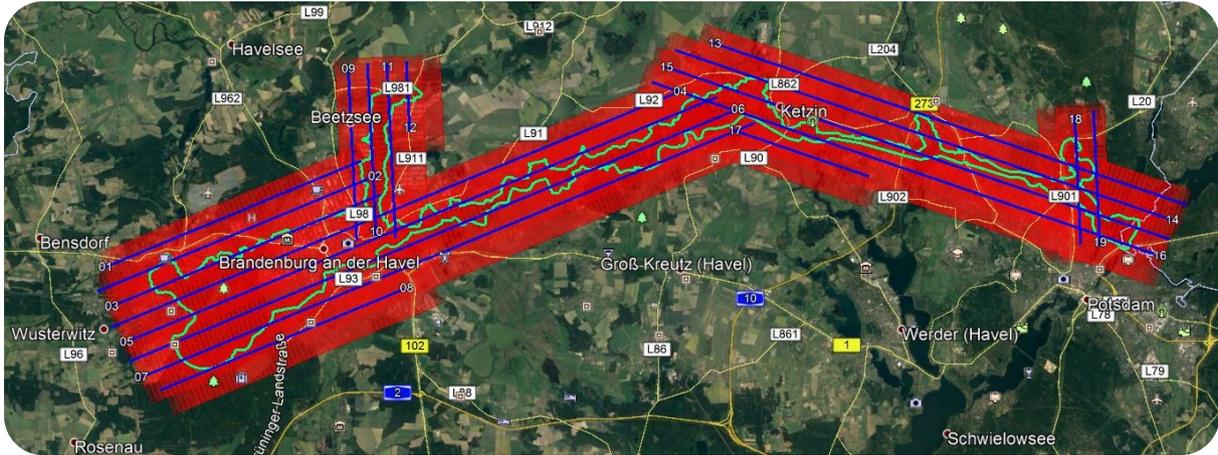


Abb. 4 Graphik der Flugplanung

Datenprozessierung

a) GPS/INS-Daten

Alle Auslösepunkte bzw. Projektionszentren der Messbilder wurden während des Fluges in Echtzeit mittels GPS/GNNS sowie einem INS erfasst. Die Genauigkeiten zu diesem Zeitpunkt lagen bei 1-3 Meter in der Lage und Höhe.

Eine Steigerung der Genauigkeiten wurde später durch die DGPS Prozessierung mittels Referenzstationen (SAPOS Referenzdienst) und durch Beachtung bzw. Anbringen verschiedener Korrekturen erreicht. Bei geoplana wurde diese Prozessierung mit der Software PosPac der Firma Applanix durchgeführt. Die Genauigkeit der Projektionszentren lagen nach der Prozessierung bei < 10 cm.

b) Bildprozessierung

Die Prozessierung der 14-Bit Rohdaten zu den Ausgabeprodukten erfolgt mit der lizenzierten Software HxMap der Firma *Leica*. Die Bildprozessierung erfolgt in zwei Schritten.

Im **ersten Schritt** wird die Radiometrie der Bilder prozessiert (**RPP** – Radiometrisches Post-Processing). Hierzu werden von der Software verschiedene Daten automatisch erhoben:

1. Ermittlung der Anzahl der Bilder pro Flugstreifen
2. Abfrage, ob eine Atmosphärenkorrektur durchgeführt werden soll

Die radiometrische Korrektur erfolgt unter Anwendung der Farbkalibrierungsdaten der Kamera, die von Z/I Imaging bereitgestellt wird. Auch eine EIV-Korrektur wird durchgeführt.

Das Ergebnis vom ersten Bearbeitungsschritt sind die „**Ingestbilder**“, die auf dem HxMap-Server gespeichert werden. Diese Bilder können nach der eigentlichen Prozessierung wieder gelöscht werden.

Im **zweiten Schritt** werden alle Bilder geometrisch prozessiert (**GPP** – Geometrisches Post-Processing). Die Bildanalyse erfolgt mit dem Image Adjustment Tool der Software HxMap.

Mit dieser Software werden die Look-up-Tables (LUT) erzeugt. Die fertigen LUTs werden auf die jeweiligen Testbilder angewendet. Die Testbilder pro Bildfluggebiet und pro Befliegungstag sollten die Landschaftstypen Siedlung, Feld und Wald umfassen.

Die Farbtreue wurde durch neutrale Grauwerte in den Lichten, den Mitten und den Tiefen sichergestellt (gemäß DIN18740-2, Anhang D.3).

Das Histogramm der Bilder sollte keine Lücken aufweisen und den vollen Grauwertbereich abdecken. Die Verteilung der Grauwerte sollte im Idealfall der einer normalen Gaußkurve entsprechen.

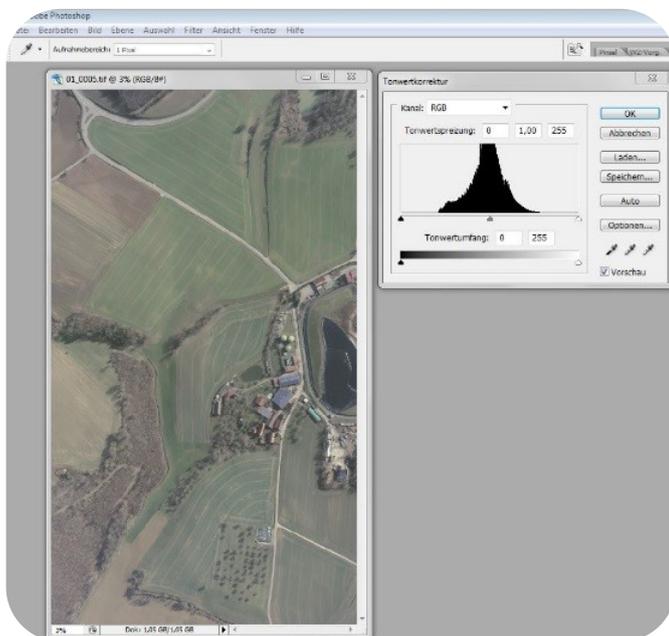


Abb. 5 Luftbild mit Histogramm

c) Aerotriangulation

Damit die Luftbilder photogrammetrisch ausgewertet werden konnten, musste eine Aerotriangulation durchgeführt werden. Dabei wurden Luftbilder zu einem festen Bildverbund verknüpft und mit Hilfe von Passpunkten innerhalb eines Koordinatensystems orientiert. Um eine maximale Genauigkeit bei der Aerotriangulation zu erreichen war die Verteilung der Passpunkte im Streifen bzw. Block entscheidend. Die Überprüfung der Triangulationsergebnisse erfolgte mit Hilfe einer detaillierten graphischen Darstellung der Punktverteilung (Verknüpfungspunkte, Passpunkte) und eines Ergebnisprotokolls der Ausgleichung.

Datenauswertung

Die photogrammetrischen Auswertungen für die DBWK2 erfolgte an unseren beiden digitalen Auswertestationen der Firma DAT/EM jeweils auf Basis der Plattform MicroStation von Bentley Systems. Für die Auswertung wurde die gesamte Funktionalität der CAD-Software genutzt.

Um den zeitaufwendigen Wechsel zwischen den einzelnen DBWK-Kategorien (s. Abb. 6) zu vermeiden, führte geoplana die photogrammetrischen Auswertungen zuerst in einem einzigen CAD-File aus. Die Auswertung erfolgte in 3D. Um das Datenmodell der DBWK2 bereits bei der Auswertung einzuhalten und um primäre Fehlerquellen auszuschließen, erfolgte die bibliothekgesteuerte Auswertung über bereits eingerichtete und erprobte Keyboardbelegungen. Hierbei wurden die ausgewerteten Elemente bereits dem Datenmodell entsprechend (Ebene, Farbe, Linienart etc.) zugeordnet.

Da aus der Rohauswertung nicht nur die (zweidimensionale) DBWK2, sondern auch ein dreidimensionales Digitales Geländemodell (DGM) abgeleitet werden musste, wurde bei der Auswertung auf eine korrekte Wiedergabe der Geländeformen durch Erfassung von Bruchkanten und Höhenpunkten geachtet. Bei der Messung des Höhenpunktrasters wurde der photogrammetrische Auswerter nochmals über das gesamte Auswertgebiet geführt, wobei kleinere Ergänzungen vorgenommen werden konnten; die Vollständigkeit der Auswertung wurde so nochmals erhöht.

Kategorien (Themenbereiche):	Bedeutung:
bwp	Festpunkte und Ordnungssysteme
mor	Morphologie und Hydrologie
anl	Anlagen an Wasserstraßen
lik	Liegenschaften
top	Topographie
umw	Umwelt
ins	Bauwerkskontrolle und -inspektion
ago	optional: Inland ENC; Electronic Navigation Charts
alk	optional: Amtliche Katasterdaten

Abb. 6 Kategorien (Themenbereiche) der DBWK2

geoplana hat bereits eine große Erfahrung bei der photogrammetrischen Auswertung von Luftbildern zur Herstellung der DBWK2. Da der photogrammetrische Auswerter in der Vergangenheit oft auch die geforderten Feldvergleiche durchgeführt hat, sind die Ergebnisse der photogrammetrischen Erstauswertung bereits äußerst zuverlässig und vollständig. Zellbibliothek, Keyport und umfangreiche Kontrollmakros zur Überprüfung des Datenmodells mit all seinen speziellen Eigenheiten liegen aus bereits abgewickelten Projekten vor und können für neue Projekte unmittelbar eingesetzt werden.

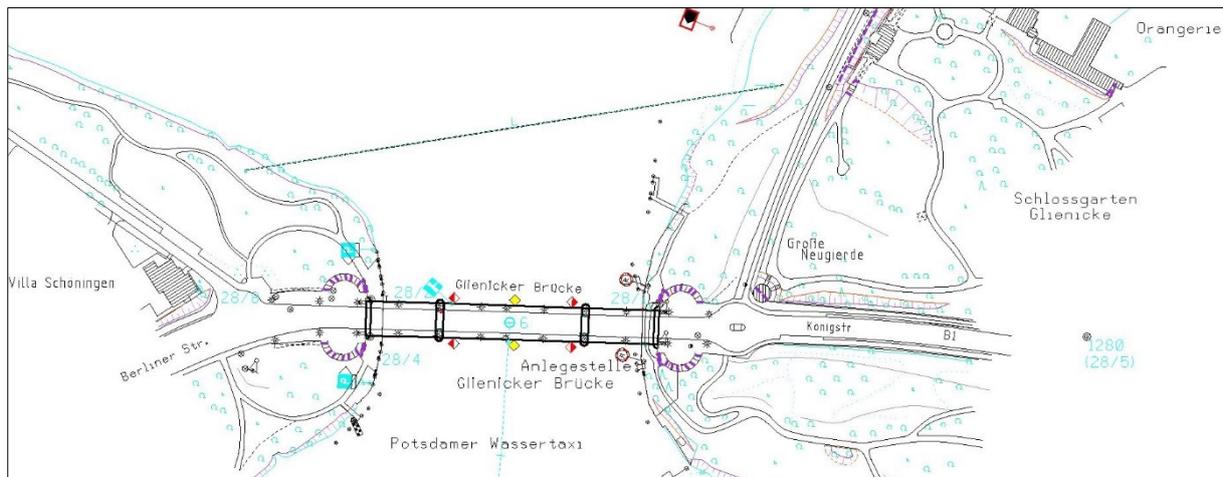


Abb. 7 Photogrammetrische Auswertung der Glienicke Brücke

Feldvergleich

Im Anschluss an die photogrammetrische Auswertung wurde ein detaillierter Feldvergleich von Land und auch vom Wasser aus durchgeführt.

Der Feldvergleich wurde mit einem Feldrechner/Tablet durchgeführt. Dies hatte sowohl den Vorteil einer großen Wetterunabhängigkeit als auch die Möglichkeit, im Rahmen des eingesetzten Programms (MicroStation), zusätzliche Dateien zu referenzieren und so bei Bedarf die Darstellung auf einfachem Weg aus- oder einzuschalten. Dies erhöhte die Übersicht der zu bearbeitenden Daten.

Schilder auf WSV-Eigentum wurden fotografiert, katalogisiert und in reduzierter Auflösung in einer separaten CAD-Datei georeferenziert.

Der Feldvergleich erfolgte in engem Kontakt mit dem zuständigen WSA/ABz um eventuelle Fragen zu klären bzw. auf spezielle Dinge Hinweise zu bekommen, die für die Vollständigkeit der zu liefernden Pläne von Bedeutung waren.

Qualitätssicherung

Die Bearbeitung erfolgte mit MicroStation V8i. Für einen flüssigen Arbeitsablauf wurden die Ergebnisse des Feldvergleichs in eine Gesamtdatei, die aus den schon bearbeiteten Daten der Auswertung hervor gegangen war, eingearbeitet. Diese Daten wurden vorher nach 2D exportiert.

Nach der Einarbeitung des Feldvergleichs wurden die topographischen Elemente gemäß den Anforderungen der DBWK2 mit einem Makro getrennt. Nicht zuordenbare Elemente wurden dabei in einer separaten Datei exportiert, damit diese Elemente graphisch-interaktiv nachbearbeitet werden konnten.

Die Nachbearbeitung erfolgte mit der von der WSV bereitgestellten CAD-Umgebung.

Vor der endgültigen Lieferung prüfte die Software CADScout die einzelnen Objektklassen auf Eindeutigkeit der Objektattributierung. Fehlerhafte Objekte wurden markiert und dem Anwender gegebenenfalls zur Bearbeitung angezeigt.

Abschließend wurden die Daten in den Kategorien der DBWK2 dem Auftraggeber übergeben.

Datenlieferungen

Die Datenlieferungen erfolgten konform dem Benutzerhandbuch mit seinen Anlagen, dem aktuellen Datenmodell sowie der Benutzeroberfläche (mit Zellbibliothek, Farbtabelle, Seed-Files, MDLs, UCMs Pentables, Schriftfonts und Ebenennamen) der DBWK2. Die Ausprägung der graphischen Elemente entsprach dem zugehörigen DBWK2 Musterblatt.

Die Datenlieferung erfolgte schließlich in der vorgegebenen DGN- und Blatteinteilung des Auftraggebers im MicroStation CAD-Format.

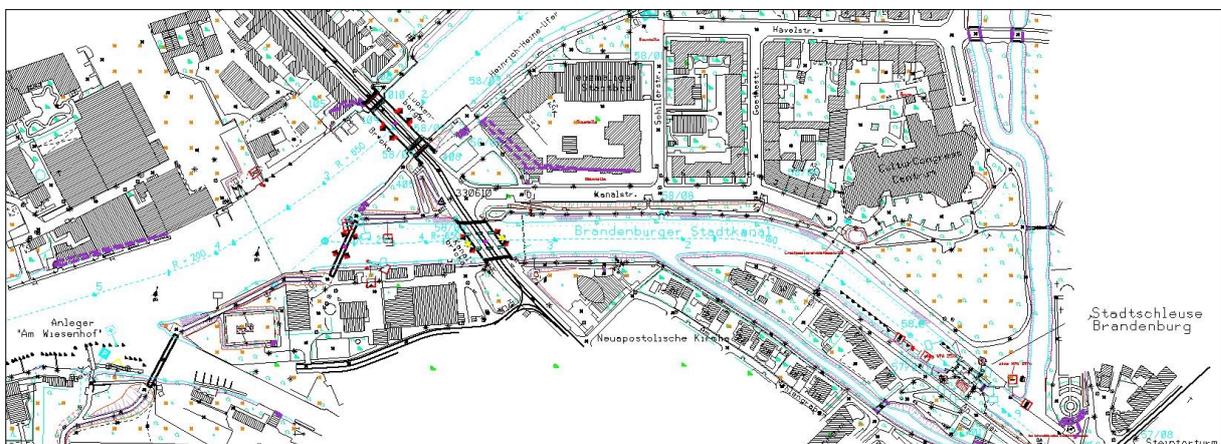


Abb. 8 Ausschnitt der DBWK2 im Bereich des Blattes „uhw33_UH050.dgn“