

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Article, Published Version

**Vahrenkamp, Bernd**

## **Aspekte zur Modellierung hydrographischer Daten**

Hydrographische Nachrichten

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/108095>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Vahrenkamp, Bernd (2011): Aspekte zur Modellierung hydrographischer Daten. In: Hydrographische Nachrichten 90. Rostock: Deutsche Hydrographische Gesellschaft e.V.. S. 18-20. [https://www.dhyg.de/images/hn\\_ausgaben/HN090.pdf](https://www.dhyg.de/images/hn_ausgaben/HN090.pdf).

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



# Aspekte zur Modellierung hydrographischer Daten

Ein Beitrag von *Bernd Vahrenkamp*

Die Aufbereitung von hydrographischen Vermessungsergebnissen erfolgt heute in der Regel in Digitalen Geländemodellen. Dabei fließen oft Daten unterschiedlicher Genauigkeit und Auflösung in das Modell. Besonders die Aufbereitung der bei den Herstellern hydrographischer Software nicht sonderlich beachteten Daten von Einstrahlloten für die Verwendung in einem DGM bedarf eines Blicks über den Tellerand, um mit Techniken, die anderswo seit Jahren in der Anwendung sind, gute Ergebnisse zu erzielen.

Modellierung | DGM | TIN | Kriging | Datenaufbereitung | hybride Vermessung

## Einleitung

Die Vermessung und Darstellung von Gewässersohlen im Binnen- und Seebereich sind von jeher eine der grundlegenden Aufgaben der Hydrographie. Waren die technischen Möglichkeiten früher beschränkt auf nautische Ortsbestimmung und Messung der Tiefe mit dem Handlot, so ist mit der Erfindung des Echolotes 1913 von Alexander Behm die Automatisierung in die Hydrographie eingezogen. Seitdem hat eine technische Entwicklung stattgefunden, die bis heute noch nicht beendet ist. Ganz selbstverständlich erzeugen wir heute große Mengen von Informationen mit modernen Sensoren, die den Fokus auf die Handhabung und plausible Darstellung von Massendaten lenken und eine hochauflösende Darstellung des Gewässerbettes ermöglichen. Auf der Strecke geblieben ist dabei die Möglichkeit, sich mit jedem einzelnen gemessenen Punkt zu beschäftigen, der die Gewässerbett-Oberfläche beschreiben soll. Da die Ergebnisse der Vermessung von Gewässersohlen wegen der relativ starken Veränderlichkeit der Topographie nur temporär eingeschränkt ein richtiges Bild der Realität wiedergeben, ist eine zügige Erzeugung der Ergebnisse vorgegeben, die dazu zwingt, sich mit Informationslücken zu beschäftigen, da keine Zeit und oft auch kein Geld für die Neuvermessung vorhanden ist.

gewünschter Auflösung beschränkt auf Fächer- oder Einstrahlote. Im Flachwasserbereich kommen hier noch flugzeuggestützte Laser- oder Bildsensoren hinzu. Bei den Lasern unterscheidet man noch zwischen Einfarbsystemen, die nur die trockenfallenden Gebiete erfassen können und Mehrfarbsystemen, die eine gewisse Eindringtiefe in die Wassersäule ermöglichen. Alle flugzeuggestützten Systeme haben mit dem Fächerlot gemein, dass sie Massendaten erzeugen, aus denen ein flächendeckendes Modell abgeleitet wird. Die Einstrahlote bilden die Oberfläche in der Regel nur durch Profile ab, dazwischen fehlt die Vermessungsinformation. Welches System man nun einsetzt, ist von vielen Faktoren abhängig. Geld und Zeit spielen bei den Vorplanungen eine große Rolle, es gibt aber auch viele physikalische Faktoren. Wenn es zu flach wird, macht der Fächerloteinsatz nicht mehr wirklich Sinn, da die Spurbreiten sehr schmal werden und die Flächendeckung nur durch sehr enge Tracks erreicht werden kann. Airborn Laser rechnen sich nur auf größeren Flächen und sind nicht flexibel und schnell einsetzbar, darüber hinaus muss das Flugwetter stimmen. Dies alles führt dazu, dass häufiger hybride Daten in ein Modell gegossen werden, welches dann unterschiedliche Stützpunktdichten aufweist.

Autor  
Bernd Vahrenkamp ist beim BSH für die Seevermessung und Wracksuche in der Nordsee zuständig. Der Beitrag ist die schriftliche Ausarbeitung seines Vortrags auf dem Hydrographentag in Bonn.

Kontakt unter:  
bernd.vahrenkamp@bsh.de

## Heterogene Ausgangsdaten

Für die Vermessung von Gewässersohlen gibt es eine Vielzahl geeigneter Sensoren. Im Tiefwasserbereich ist die Auswahl je nach Reliefenergie und

Abb. 1: Lücken in der Punktwolke nach der Pausibilisierung

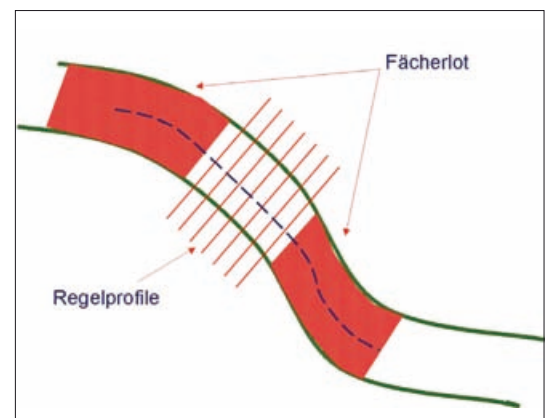
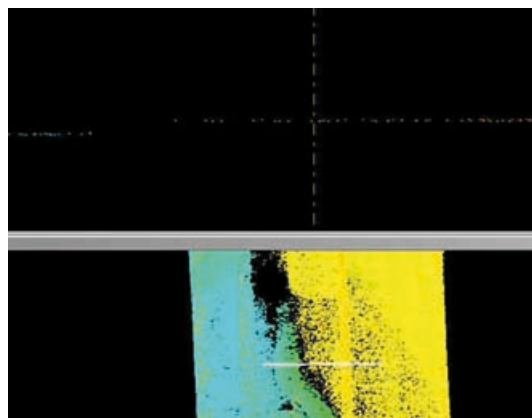


Abb. 2: Kombination von Fächerlot- und Profildaten

### Oberflächenmodelle

Die gesammelten Daten der verschiedenen Sensoren bilden eine heterogene Punktwolke, die als Stützpunkte für ein Oberflächenmodell direkt verwendet werden (TIN-Knoten) oder aus denen stochastisch Modellstützpunkte abgeleitet werden (Rasterzelle). Geodätisch sind diese Punkte eindeutig oder mit Redundanz bestimmt. Genauigkeitsangaben leiten sich aus der Überbestimmung der Entitäten ab. Daraus ergibt sich, dass man Daten aus Fächerlot- und Lasermessungen gut in einem Rastermodell darstellen kann, sich für Profildaten aber eher ein TIN eignet. Sobald Datenarten gemischt werden, oder in den Punktwolken Lücken vorhanden sind, kommt es zu Schwierigkeiten bei der Modellierung. Lücken in Punktwolken sind dabei eher die Regel, als die Ausnahme (Abb. 1). Kann man Überdeckungslücken in der Aufnahme durch gute Planung und Navigation sowie hinreichende Vorkenntnisse über die aufzunehmende Topographie noch vermeiden, so sind Lücken durch fehlerhafte Messwerte, die bei der Plausibilisierung auffallen und ausgeschnitten werden, fast unumgänglich. Hierbei handelt es sich dann aber immer um relativ kleine informationsfreie Gebiete. Anders sieht es bei der Verwendung von Profildaten im Modell aus. Da der Profilabstand immer sehr groß im Ver-

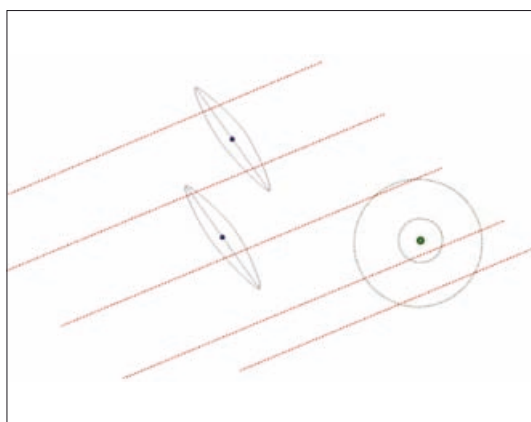
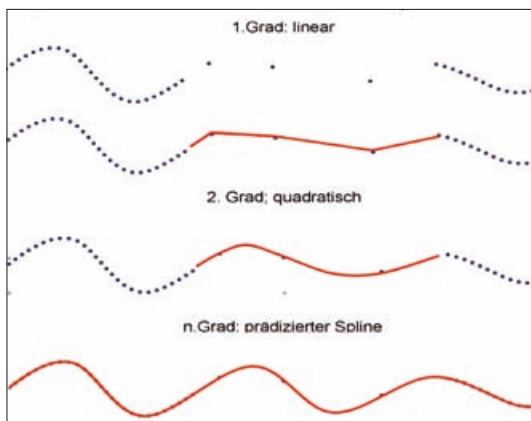


Abb. 3: Funktion 1. Grades bis n-ten Grades zur Beschreibung der Oberfläche zwischen den Profilen

Abb. 4: »Inverse-distance-weight« mit geometrischer Reduktion

hältnis zum Punktabstand auf dem Profil ist, lassen sich solche Daten nur sehr schlecht in einem Modell verwenden. Müssen solche Daten zusammen mit flächenhaften dichten Daten zu einem hochauflösenden Modell kombiniert werden (Abb. 2), kommt es zwangsweise zu interpolierten Modellstützpunkten, denen keine echten gemessenen Daten mehr zugrunde liegen. Solche Modelle entstehen in der Regel durch Berechnung eines TIN und anschließender Rasterung der Oberfläche. Ein solches Vorgehen entspricht der linearen Interpolation zwischen vermessenen Punkten (Abb. 3).

### Interpolation in hybriden Modellen

Bei der Modellierung von Oberflächen, die aus hybriden Vermessungen, wie z. B. Fächerlotdaten und Profilen, gerechnet werden sollen, kann es unter bestimmten Voraussetzungen sinnvoll sein, die hochaufgelöste Topographie der Fächerlotaufnahme für die Berechnung der Modellstützpunkte ohne Vermessungsinformation zu nutzen. Hierzu beschreibt man auf den Fächerlotdaten längs des Signals, also in Strömungs- oder Fallrichtung (in der Regel quer zu den Profildaten) das Oberflächenprofil durch eine Polynominalfunktion n-ten Grades und nutzt diese Funktion für die Berechnung der Stützpunkte ohne Vermessungsdaten. Voraussetzung hierfür ist, dass eine gewisse Stetigkeit im Verhalten der Oberfläche zwischen Vermessungspunkten vorhanden ist. Bei Bruchkanten ist dieses Verfahren sinnlos. Ein Beispiel aus der Praxis, bei dem das Verfahren gut funktioniert, sind Flussläufe oder Rinnen mit sehr bewegter, aber stetiger Topographie, z. B. Sandriffel. Dieses auch als »Kriging« bezeichnete Verfahren wird in verwandten Wissenschaften wie der Meteorologie oder der Hydrologie verwendet, hier z. B. für die Berechnung von Grundwasserspiegeln, und wird von gängigen GIS-Programmen unterstützt. Schwierigkeiten gibt es in der Anwendung mit Daten, deren Signal-Rausch-Verhältnis nicht hoch genug ist, die Topographie also durch großes Messrauschen nur unzureichend genau beschrieben werden kann. In diesen Fällen sollte man den Grad der Polynominalfunktion nicht zu hoch ansetzen, um nicht das Messrauschen als topographische Variation in der Funktion zu beschreiben.

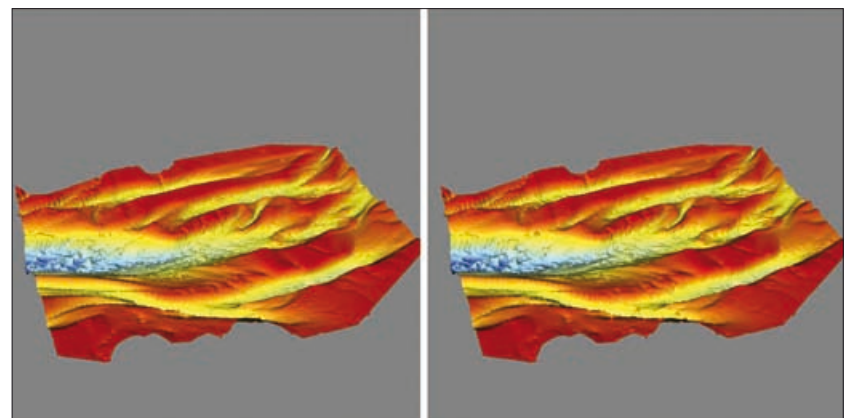


Abb. 5: Modelltopographien aus unterschiedlich auflösenden Profildaten. Der Profilabstand beträgt 100 m; der Punktabstand auf dem Profil beträgt 5 m (links) und 75 m (rechts)



## Rasterpunktberechnung zwischen Querprofilen

In der Regel lassen sich aus Querprofilen keine hochauflösenden Rastermodelle rechnen, weil die Lage der vermessenen Punkte die Oberfläche nicht flächenhaft abdeckt. Trotzdem werden in der Praxis solche Modelle regelmäßig erzeugt. Der Weg führt dabei immer über die Vermaschung zu einem TIN mit anschließender Rasterung. Die Rasterstützpunkte liegen dann auf den schiefen Ebenen der durch jeweils von drei Messpunkten aufgespannten Dreiecke. Da diese Dreiecke im Regelfall zwischen zwei benachbarten Profilen liegen und diese idealerweise quer zur Stromrichtung angeordnet sind, kommt es dabei zu geometrisch plausiblen Ergebnissen. Fehler in der Modelltopographie sind aber nur mühsam zu bereinigen und die Qualität des Modells ist stark abhängig von der richtigen Lage der Querprofile. Will man den Umweg über ein TIN vermeiden, bietet sich das Verfahren der »Inverse distance weight«-Interpolation an, welches in einem definierten Nachbarschaftsumkreis gemessene Punkte gewichtet nach ihrem Abstand zum Modellstützpunkt nutzt. Das Problem hierbei ist, dass die Messpunkte für die Berechnung nicht räumlich gleichmäßig verteilt sind. Hier kann man sich zunutze machen, dass Profile in der Regel parallel mit annähernd gleichem Abstand gefahren werden. Reduziert man den Fangkreis für die Berücksichtigung der gemessenen Punkte geometrisch auf eine schmale Ellipse und richtet die große Halbachse quer zu den Profilen, so erhält man einen Modellstützpunkt, der im Wesentlichen aus

gegenüberliegenden Punkten benachbarter Profile berechnet wird und damit im Ergebnis dem TIN sehr nahe kommt (Abb. 4).

## Modellierung mit Querprofilen

Modelle aus Querprofilen sind immer mit Vorsicht zu genießen. Auch wenn ein Profil mit dem Einstrahlnot in höchster Auflösung in das Modell einfließt (mehrere Punkte pro Meter) und damit die Geländerauigkeit gut darstellen kann, so ist durch den um ein Vielfaches größeren Profilabstand im Modell davon nicht mehr viel übrig. So kann man in einem großräumigen Modell in Abhängigkeit von der Reliefenergie großzügig die Anzahl der verwendeten Punkte aus dem Profil reduzieren und erhält trotzdem eine Topographie mit annähernd gleicher Qualität (Abb. 5). Die Auflösung im Modell wird in erster Linie durch den maximalen regulären Punktabstand bestimmt, der durch den Profilabstand vorgegeben ist. Je größer der Profilabstand für ein Modell ist, desto zwingender wird die Notwendigkeit, durch nachträgliche Bearbeitung des Oberflächenmodells eine bessere Anpassung an die Realität zu erreichen. Durch das Einfügen von zusätzlichen Strukturinformationen, wie Bruchkanten, Talwegen oder Höhenzügen lassen sich auch schlecht auflösende Modelle noch stark verbessern, auch wenn sie dadurch die Qualität einer höheren Messauflösung nicht erreichen können (Abb. 6, Abb. 7, Abb. 8).

## Fazit

Die Aufbereitung von Gewässerbettdaten für ein Modell ist immer noch eine aufwendige Angelegenheit. Bei hybriden Datengrundlagen gibt es Verfahren, mit denen man sich behelfen kann, um ein gutes Ergebnis zu erzielen. Es lohnt sich immer, über den Tellerrand zu schauen. Trotzdem ist ein Modell immer nur so gut, wie seine Datengrundlage. Besonders bei Profilaufnahmen ist eine vorausschauende Planung der Aufnahme und eine gute Modellierung nach wie vor notwendig. Leider haben die Hersteller hydrographischer Software die Vertikallot-Anwendungen etwas aus dem Fokus verloren. Hilfestellung bei der Modellierung von Flächen aus Profilaufnahmen findet man in ihren Produkten nur rudimentär und nicht mehr auf dem neusten Stand. □

Abb. 6: Modellierung in einem DGM bei einem Profilabstand von 200 m. Links: unmodelliert; rechts: modelliert, unter Einfügung detektierte Bruchkanten

Abb. 7: Modellierung in einem DGM bei einem Profilabstand von 50 m. Links: unmodelliert; rechts: modelliert unter Einfügung detektierte Bruchkanten

Abb. 8: Luftbild der modellierten Szene

