

Laserscanning und andere Methoden zur Ausweisung potentiell gefährdeter Hochwasserbereiche der Unteren Warnow

Görres GRENZDÖRFFER, Torsten FOY und Ralf BILL

Zusammenfassung

In dem Beitrag werden die einzelnen Verfahrensschritte der Ausweisung potentieller Überschwemmungsgebiete dargestellt. Nach einer Vorstellung der verschiedenen Erfassungsmethoden für ein hochgenaues DGM und deren Genauigkeiten wird bei einem Vergleich der Verfahren deutlich, daß die Unterschiede im wesentlichen auf die unterschiedliche Definition der Geländeoberfläche, die unterschiedliche Datendichte, die Klassifikationsprobleme bei „schwierigen“ Oberflächen durch Laserscanning, insbesondere Buschgruppen, Schilf zurückzuführen sind. Bei der Ermittlung der Überschwemmungslinie wird ein effizienter regelbasierter Ansatz vorgestellt. Die Ermittlung der Eigentümer potentieller Überschwemmungsgebiete erwies sich als schwieriger als erwartet, denn die als Inselkarten vorliegenden Flurkarten hatten teilweise ein Ursprungsdatum aus dem 19. Jahrhundert.

1 Einleitung

Die Gefahr, daß durch sogenannte „Jahrhunderthochwässer“ auch an eher kleinen Flüssen Überschwemmungen auftreten, haben die Ereignisse der letzten Jahre gezeigt. Um die Gefährdung für menschliches Leben, materielle Werte sowie die Umwelt zu minimieren ist eine möglichst exakte Ausweisung potentiell gefährdeter Überschwemmungsbereiche notwendig. Zur Erfüllung der gesetzlichen Vorschriften sind insbesondere in Flachlandgebieten und Küstenbereichen genaue Daten über die Topographie sowie die zu berücksichtigenden Bemessungshochwässer erforderlich. Die erforderliche Höhengenaugigkeit läßt sich nicht über Auswertung der aktuellen topographischen Karte erzielen, denn einerseits entspricht der dort kartierte Isohypsenabstand nicht den Genauigkeitsanforderungen und andererseits sind insbesondere die Zwischen- und Stützhöhenlinien nicht gemessen, sondern nach kartographischen Gesichtspunkten in die topographischen Karten eingetragen worden. Darüber hinaus entstammen die Höheninformationen oftmals noch der ersten Höhengaufnahme um die Jahrhundertwende. Die Wahl der Erfassungsmethode sowie die genaue Vorgehensweise hängt von der Größe der zu erwartenden Überschwemmungsfläche ab. Für kleine Gebiete haben sich terrestrische Verfahren (GPS+Tachymetrie) bewährt, während sich für großräumige Ausweisungen potentieller Überschwemmungsgebietsflächen das Laserscanning bewährt hat.

2 Ausweisung von Überschwemmungsflächen

Die moderne, digitale Ausweisung hochwassergefährdeter Bereiche durch Fließgewässer geschieht in sechs Stufen:

1. **Berechnung der Bemessungshochwasser** durch die statistische Analyse langjähriger Pegelaufzeichnungen. Da die Pegelreihen oftmals nicht lang genug sind, sind historische Daten und andere Verfahren zur Informationserweiterung hinzuzuziehen.
2. **Detaillierte flächenhafte Erfassung der Geländeoberfläche** durch ein digitales Geländemodell. Die Genauigkeit der Höhenbestimmung ist ein wesentliches Kriterium für den Aufwand und die Qualitätsanforderungen der Datenerfassung. Dabei sind für Flachlandflüsse die höchsten Anforderungen an die Höhengenaugigkeiten zu stellen. Weiterhin ist an das DGM die Anforderung zu stellen, daß selbst kleinere Erhebungen wie z.B. Dämme o.ä. genau erfaßt werden.
3. **Festlegung der kritischen Hochwasserstände** für das Untersuchungsgebiet. Die Kriterien die dieser Entscheidung zu Grunde liegen sind vielfältig und lassen sich vom Gefährdungspotential für Mensch und Umwelt leiten. Im Sinne von § 32 WHG sowie einschlägiger Landesgesetze wird üblicherweise das HW / HQ 100 zur Ausweisung von potentiellen Überschwemmungsgebieten angesetzt.
4. **Ermittlung der potentiellen Überschwemmungsgebiete.** Zur Berechnung der potentiellen Überschwemmungsgebiete wird das Geländemodell mit den vorgegebenen Bemessungshochwasserständen (Wasserspiegellinie) des kritischen HW entlang der Flußläufe „aufgefüllt“. Aufgrund der systembedingten Ungenauigkeiten des Laserscanning-DGM's (z.B. Fehlzuordnungen von Bodenpunkten bei der automatischen Klassifizierung, Mehrfachreflexionen auf Wasseroberflächen, hohe Geländerauhigkeit etc.) ist ein regelbasiertes Verfahren notwendig, um eine eindeutige Wasserspiegellinie zu generieren.
5. **Ermittlung der Eigentümer** innerhalb der potentiellen Überschwemmungsflächen. Die Eigentümer der betroffenen Flächen bzw. Flurstücke sind anhand der Flurstückskarten durch eine Überlagerung mit den potentiellen Überschwemmungsflächen einfach ermittelbar. Kataster- bzw. Flurkarten liegen in M-V allerdings als Inselkarten und, abgesehen von wenigen Ausnahmen, noch nicht in digitaler Form vor.
6. **Durchführung eines Verwaltungsverfahrens**, das eine Bürgerbeteiligung vorsieht und einen effizienten Datenfluß aller beteiligten Ämter notwendig macht.

3 Terrestrische Verfahren für kleine Untersuchungsgebiete

Die Flächenleistung der terrestrischen Vermessung hängt sehr stark von der Komplexität der aufzunehmenden Landschaft ab. In einfachen, landwirtschaftlich genutzten Bereichen hat es sich bewährt, den GPS-Empfänger auf dem Dach eines Fahrzeugs zu montieren, um so zum Teil mehrere 100 ha pro Tag dreidimensional zu vermessen.

Das Untersuchungsgebiet Bützow mit ca. 80 ha wurde im Rahmen der Diplomarbeit von SAAL, 2000 aufgenommen. Die Vermessung der Flächen erfolgte mit einem geodätischen GPS-Empfänger SR 399 der Firma Leica im RTK-Modus, wobei die Erfassungsdichte in Abhängigkeit des Geländes variiert wurde. So sind z.B. Grünlandflächen großflächiger aufgenommen worden als der Uferbereich, dessen Verlauf engmaschig erfaßt wurde. Bei den ergänzenden Tachymeteraufnahmen sind ca. 200 Punkte in abschattungsgefährdeten Bereichen aufgenommen worden. Bei der Interpolation der insgesamt 1.804 gemessenen Höhenpunkte auf ein 2 m Gitter kamen geostatistische Verfahren zum Einsatz. In vergleichbarer Weise sind von SCHEIDL, 2000 in Güstrow 2 km² erfaßt worden.

4 Laserscanning Projekt Warnow

Im Rahmen eines Pilotprojekts für das Staatliche Amt für Umwelt und Natur Rostock (StAUN) wurden entlang von etwa 40 km Fließlänge der unteren Warnow ca. 60 km² Laserscanning-Daten von der Firma Topscan erfaßt. Die Befliegung wurde im Last Pulse Modus durchgeführt und das DGM wurde mit Hilfe automatischer Verfahren abgeleitet. Dabei ist zu berücksichtigen, daß mit diesen automatischen Verfahren nach den bisherigen Erfahrungen nur ca. 80 – 90 % der Vegetation und Gebäude bereinigt werden können.

Die Qualität eines durch Laserscanning erstellten DGM wird durch mehrere Faktoren bestimmt, wobei das systembedingte Genauigkeitspotential bei ca. 0.1 m liegt. Die größten Einflüsse auf die Genauigkeit der Entfernungsmessung haben die Beschaffenheit der Objekte einschließlich der Definitionsungenauigkeit bei natürlichen Objekten, wo denn eigentlich die Geländeoberfläche ist und bei bewegtem Gelände die Neigung. Eine Genauigkeitsuntersuchung der im Rahmen des Projekts Warnow gewonnenen Laserscanning Daten ergab folgende Ergebnisse:

- Es sind keine systematischen, durch die Scannerplattform verursachte Probleme, z.B. zwischen benachbarten Flugstreifen, aufgetreten. Anhand unabhängiger Kontrollflächen wurde die Genauigkeit der Laserscannerdaten mit terrestrischen Vermessungen verglichen. Die geforderte Höhengenaugkeit von ± 20 cm wurde mit dem interpolierten DGM bei einfachen Oberflächen (z.B. Grünland ± 7 cm) stets eingehalten. Systembedingt hat das Laserscanning bei einigen Oberflächen und Geländesituationen Probleme, die im Nachhinein korrigiert werden müssen (siehe auch Abbildung 1):
 - *Wasseroberflächen*, die von den Laserstrahlen unterschiedlich durchdrungen werden. Die überwiegende Mehrzahl der Signale werden an der Oberfläche reflektiert. Einige Strahlen jedoch dringen tiefer ein und können dazu führen, daß Gräben, Flüsse oder Seen unterschiedliche Höhen aufweisen. Darüber hinaus können noch Boote, in das Wasser hinein ragende Äste und Stege zu Problemen führen.
 - *Brücken, Wehre* und andere Bauwerke, die vom Laserscanner oberflächlich abgetastet werden und einen zweiten Höhenwert, z.B. auf der Wasseroberfläche aufweisen. Dieser „falsche“ Höhenwert führt bei einer hydrologischen Modellierung zu einer Sperrwirkung. An diesen Objekten muß manuell nachgearbeitet werden.
 - *Gräben* sind aus hydrologischer Sicht wichtige Landschaftselemente, die durch die mittlere Punktdichte von 1.9 m und teilweisem Bewuchs der Gräben nur partiell erkannt worden sind.

4.1 Vergleich der betrachteten Vermessungsmethoden

Bei einem Vergleich der verschiedenen Vermessungsmethoden zur Ausweisung potentieller Überschwemmungsgebiete sind verschiedene Aspekte z.B. zur Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit zu berücksichtigen. Während bei konventionellen terrestrischen Verfahren mit einer an das Gelände angepaßten Aufnahmeweise eine der Fragestellung angepaßte Strategie verfolgt werden kann (z.B. hydrologisch relevante Strukturen werden von vornherein berücksichtigt), ist beim Laserscanning im Filterprozeß der eigentliche Aufwand zu sehen. Abbildung 1 verdeutlicht dies anhand einer Differenzbildung zweier Datensätze. Da z.B. auch das Interpolationsverfahren, die Oberflächenrauigkeit natürlicher Oberflächen

etc. das Ergebnis beeinflussen, fanden Differenzen < 30 cm keine besondere Beachtung. Signifikante Abweichungen haben sich bei Oberflächen mit einer großen Oberflächenrau-

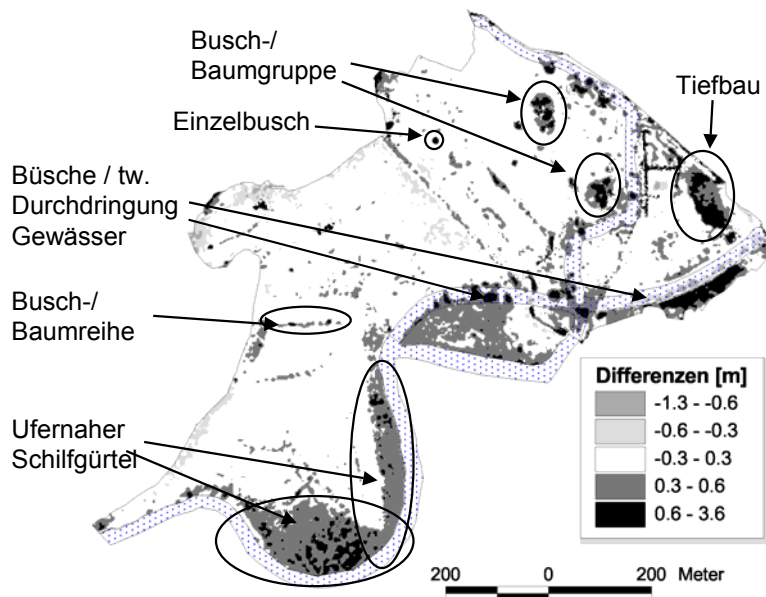


Abb. 1: Differenzen und deren Ursachen zwischen terrestrisch gemessenem DGM und automatisch generierten Laserscanning DGM am Beispiel des Untersuchungsgebiets Bützow

igkeit ergeben (z.B. lockerer flacher Buschbestand, Schilfbestände). Bei diesen Oberflächen dringt der Laserstrahl nicht überall zwangsläufig auf die Erdoberfläche bzw. kann nicht automatisch gefiltert werden. Mit einer manuellen Nacharbeit z.B. anhand von Luftbildern ist ein Teil der aufgezeigten Probleme zu lösen, schwieriger jedoch wird die Korrektur in den ufernahen Schilfbereichen. Diese sind jedoch für die Ausweisung potentieller Überschwemmungsbereiche nicht von herausragender Bedeutung, da sie im Hochwasserfall (HW 100), der bei einem ca. 1 m über dem Normalpegel liegt, ohnehin größtenteils überschwemmt werden.

4.2 Regelbasierte Glättung der Überschwemmungsgrenzlinie

Aufgrund der erwähnten Fehlerquellen in dem DGM entstehen bei der Verschneidung der potentiellen Hochwasserlinie und dem DGM vor allem bei Flachlandflüssen irrelevante Kleinstflächen. Außerdem müssen kommunizierende Flächen z.B. durch Gräben bei einer Ausweisung potentieller Überschwemmungsgebiete berücksichtigt werden. Aus diesen Gründen sind verschiedene Regeln entwickelt worden, um das Problem irrelevanter Kleinstflächen zu lösen. Beispielsweise sind alle Flächen < 10 m² innerhalb der umhüllenden Überschwemmungsfläche zu löschen. Zudem sind alle Flächen zwischen 10 m² - 100 m², die im Mittel weniger als 10 cm über dem HW 100 liegen, ebenfalls zu löschen. Weiterhin sind Filter eingesetzt worden, um den Rand der Überschwemmungsgrenze zu glätten.

5 Ermittlung der Eigentümer mit digitalen Flurkarten

Bei den digitalen Flurkarten handelt es sich um Dateien analoger Vorlagen, die mit einer Auflösung von 400 dpi vom Landesvermessungsamt gescannt wurden. Insgesamt wurden 23 Rahmenkarten, 73 Inselkarten sowie 27 darin enthaltene Sonder- und Nebenabbildungen georeferenziert und soweit erforderlich vektorisiert. Die Entscheidung, welche Teile der Flurkarten vektorisiert werden, wurde durch Überlagerung der Flurkarte mit der HW100-Linie getroffen. Die Karten liegen in den Maßstäben M 1 : 500 bis M 1 : 5.050 vor. Aus der Aufnahme im 19. Jh. resultierende „krumme“ Maßstäbe (z. B. M 1 : 3.920) waren nicht selten zu finden. Grundlagen für die Flurkarten sind in der Regel die Vermessungen beginnend im zweiten Drittel des 19. Jh. und deren Abzeichnung nebst Ergänzungen aus späteren Zeiten. Oftmals wurden die Karten photomechanisch umkopiert oder auch abgezeichnet. Daran wird deutlich, daß bei diesen Karten keine "Katastergenauigkeit" im cm-Bereich zu erwarten ist. Eine Neuaufnahme mit modernen Vermessungstechniken ist in Mecklenburg-Vorpommern noch nicht weit fortgeschritten (8 % ALK (Stand: Juni 2001)) und beschränkt sich überwiegend auf (Neu-) Baugebiete.

Die Georeferenzierung der Inselkarten, die überwiegend eine Flur enthalten, erwies sich als problematisch. Eine relative Referenzierung der Karten untereinander mit einer anschließenden Georeferenzierung auf eine externe Grundlage konnte nicht durchgeführt werden, da es nur eine bzw. zwei gemeinsame Grenzlinien der Inselkarten gab, die darüber hinaus aufgrund der damals verwendeten Vermessungsverfahren noch mit einer großen Ungenauigkeit behaftet waren. Als einzige größermaßstäbige Referenz lag die digitale TK 10 vor, auf die die Inselkarten referenziert werden konnten. Dabei ist es diffizil, korrespondierende Punkte in einer administrativen Karte und einer topographischen Karte zu finden. Nur wo topographische und administrative Grenzen zusammenfallen, sind solche Punkte existent. Dies sind vor allem Gebäudeecken, Straßenkreuzungen und Entwässerungsgräben. Vereinzelt können auch Brunnschächte u.ä. herangezogen werden. Zusätzlich zu der Georeferenzierung auf die TK10 wurden jeweils die Nachbarblätter einbezogen, um die Ungenauigkeiten aus den großen Maßstabsunterschieden zwischen Flurkarte und TK10 so weit wie möglich zu kompensieren. Allerdings ergaben sich Probleme mit den unterschiedlichen Geometrien benachbarter Kartenblätter. In den linienhaften Überlappungsbereichen kann eine Referenzierung zweier benachbarter Blätter äußerst schwierig sein, besonders, wenn die gemeinsame Linie unterschiedliche Verläufe aufweist, siehe Abbildung 2.

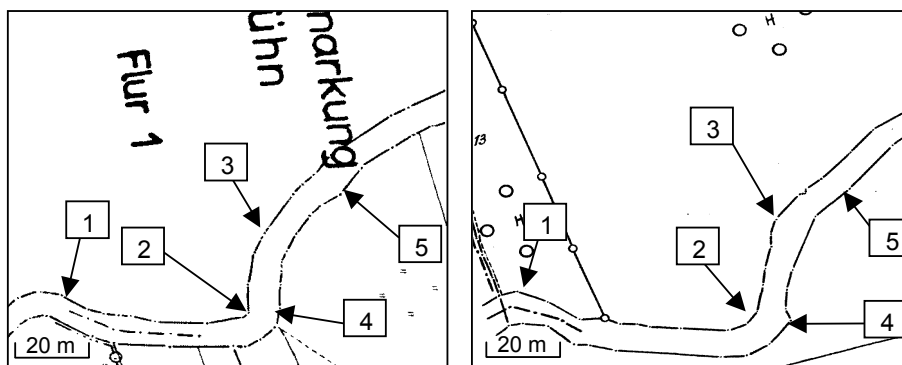


Abb. 2: Unterschiedliche Linienführung zweier benachbarter Kartenblätter

Auch war es erforderlich vorhandene Vergrößerungen, Sonder- und Nebenabbildungen einzubeziehen. Diese wurden auf die bereits zugehörigen georeferenzierten Flurkarten georeferenziert. Grundsätzlich waren die Ungenauigkeiten bei den Vergrößerungen, Neben- und Sonderabbildungen geringer als an den Rändern zweier benachbarter Kartenblätter.

Die resultierenden georeferenzierten Flurkarten weisen RMS-Fehler im Bereich von 0,04 m bis knapp 18 m auf. Die geringsten Werte zeigten erwartungsgemäß die Rahmenkarten der Hansestadt Rostock. Die größten Abweichungen zeigten sich bei den Inselkarten städtischer Regionen, wie Schwaan und Bützow. Diese doch recht hohen Fehler müssen bei der Interpretation der Überschwemmungsgebiete unbedingt berücksichtigt werden.

Um Unregelmäßigkeiten an den Grenzen zwischen zwei Fluren zu verhindern, wurden diese Grenzen immer nur einmal vektorisiert und in die entsprechende Datei der Nachbarflur kopiert. Aus Gründen der Einfachheit wurde nach Möglichkeit eine der beiden Grenzlinien exakt übernommen, die andere verworfen. Eine Mittelung einer Grenzlinie aus beiden vorhandenen Grenzlinien wurde nur in Fällen durchgeführt, in denen Flurstücke durch diese Vorgehensweise maßgeblich verfälscht wurden. Eine höhere Genauigkeit ist durch eine generelle Mittelung nicht zu erzielen gewesen, der Arbeitsaufwand ist aber ungleich höher. Um eine spätere Differenzierung von Grenzlinien unterschiedlicher Bedeutung (Flurstücks-, Flur - oder Gemarkungsgrenzen) zu gewährleisten wurden schon während der Vektorisierung individuelle Kennnummern zugewiesen. Ebenso wurden Polygone mit einer nicht eindeutigen oder keiner Flurstückskennung gesondert gekennzeichnet. Soweit möglich wurden die nachfolgenden Attributierungsarbeiten und Kontrollen (teil)automatisiert durchgeführt. Anhand der geglätteten Überschwemmungslinie erfolgte eine teilweise händische Markierung der Flurstücke, die von einem HW100 betroffen sind. Auch dies ließe sich vollautomatisieren, sollte aber einer visuellen Kontrolle unterzogen werden, um die Ausweisung von Flurstücken, die nur gering von einem HW100 betroffen sind, zu vermeiden.

Es zeigte sich, daß auf Basis der vorhandenen Flurkarten mit ihren Ungenauigkeiten eine Ausweisung von betroffenen Flurstücken mit einer gewissen Unschärfe behaftet ist. Auch die Geometrie der Flurstücke kann durchaus verfälscht sein. Abhilfe schafft hier nur die Neuvermessung und Abmarkung der Flurstücke. Prinzipiell ist es dann möglich in einem semi-automatisiertem Prozeß die neuen, exakten Vermessungskoordinaten in einer Flurkarte umzusetzen und die bereits vorhandenen, vektorisierten Flurkarten zu substituieren.

Abschließend erfolgte die Visualisierung und das Ausdrucken der Flurkarten inklusive der HW100-Linie als Auslegungskarten im amtlichen Verwaltungsverfahren. Hierzu wurde ein optimierter Blattschnitt M 1 : 5.000 erstellt. Die einzelnen Blätter werden über ein eigens hierfür entwickeltes Unterprogramm mit einer interaktiven, dynamisch erstellten Blattabfrage für den Ausdruck vorbereitet.

6 Literatur

- SAAL, I. (2000): *Erstellung und Auswertung eines hochgenauen digitalen Geländemodells zur Detaillierung und Simulation potentieller Hochwassergefährdungszonen um Bützow.*- 108 S.; Unveröff. Dipl. Arb. Univ. Rostock
- SCHEIDL, TH. (2000): *GIS-gestützte Ausweisung potentieller Überschwemmungsgebiete im Raum Güstrow.*- 62 S.; Unveröff. Dipl. Arb. Univ. Rostock