

## Digitalisierung in der Landwirtschaft – Einsatzmöglichkeiten von digitalen Höhenmodellen zur Umsetzung von Hangauflagen im Pflanzenschutz

Tanja Riedel<sup>1</sup>, Zvonimir Peric<sup>1</sup>, Stephan Estel<sup>2</sup>, Christoph Federle<sup>3</sup>,  
Aurelia Maria Moanta<sup>4</sup>, Christian Bartolein<sup>4</sup>, Daniel Martini<sup>5</sup>, Katharina Albrecht<sup>5</sup>,  
eter Horney<sup>1</sup> und Burkhard Golla<sup>1</sup>

**Abstract:** In der Landwirtschaft werden verschiedene Pflanzenschutzmittel im Zuge des Zulassungsverfahrens mit Hangauflagen belegt. Ziel ist, den durch Oberflächenabfluss und Bodenerosion bedingten Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in angrenzende Gewässer zu vermeiden. Bis heute existieren keine Instrumente zur zuverlässigen und objektiven Ermittlung der Hangneigung. Die Planung und Umsetzung von Pflanzenschutzmittelanwendungen liegt gemäß guter fachlicher Praxis in der Zuständigkeit des Landwirtes. Ziel des PAM3D-Projektes ist der Aufbau eines Web-Dienstes, der den Landwirt in die Lage versetzt, Hangauflagen auf eine automatisierte und nachvollziehbare Art und Weise zu erfüllen. Die Ermittlung der Hangneigung eines Schrages erfolgt dabei auf Grundlage von digitalen Höhenmodellen aus verschiedenen Quellen, wie traktorgestützte GNSS-RTK-Daten, Drohnen-Befliegungen und durch Bund und Länder bereitgestellte DGM-Daten. Die auf Pixelbasis berechnete Hangneigung ist nur bedingt zur Umsetzung von Hangaufgaben geeignet, da diese sehr stark von der räumlichen Auflösung der Eingangsdaten beeinflusst wird. Als robuster und skalenunabhängiger hat sich ein alternativer Ansatz erwiesen, der verschiedene DGM-Parameter kombiniert.

**Keywords:** Pflanzenschutz, Hangaufgaben, DGM, Web-Dienst

### 1 Einleitung

In der heutigen Landwirtschaft stellt der Pflanzenschutz aufgrund einer Vielzahl an Vorschriften und Rahmenbedingungen eine der informationsintensivsten ackerbaulichen Maßnahmen dar. Im Zuge der Zulassung werden zahlreiche Pflanzenschutzmittel mit Anwendungsbestimmungen gegen Abschwemmung, sogenannte Hangaufgaben, belegt [Bv18]. Ziel der Aufgaben ist, den durch Oberflächenabfluss und Bodenerosion beding-

---

<sup>1</sup> Julius Kühn-Institut - Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Stahnsdorfer Damm 81, D-14532 Kleinmachnow, Tanja.Riedel@julius-kuehn.de

<sup>2</sup> Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz (ZEPP), Rüdeshheimer Str. 60-68, D-55545 Bad Kreuznach

<sup>3</sup> Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion e.V. (ISIP), Rüdeshheimer Str. 60-68, D-55545 Bad Kreuznach

<sup>4</sup> John Deere GmbH & Co. KG, European Technology Innovation Center, Straßburger Allee 3, D-67657 Kaiserslautern

<sup>5</sup> Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Bartningstr. 49, D-64289 Darmstadt

ten Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in angrenzende Gewässer sowie ins Grundwasser zu vermeiden. Die gesetzlichen Regelungen sehen vor, dass auf gewässernahen Schlägen ab einer Hangneigung von mehr als 2 % je nach Auflage ein zwischen 5 und 20 m breiter, bewachsener Gewässerrandstreifen existieren muss, sofern keine reduzierte Bodenbearbeitung stattfindet. Obwohl CC-relevant und bußgeldbewährt, existieren bis heute keine praktikablen Instrumente, die die Landwirtschaft in einer zuverlässigen und nachvollziehbaren Weise bei der objektiven Ermittlung der Hangneigung unterstützen. Die Planung und vorschriftsgemäße Umsetzung von Pflanzenschutzmittelanwendungen liegt in der Zuständigkeit des Landwirtes. Ein großer Teil dieser Tätigkeiten wird heutzutage noch immer manuell und ohne Unterstützung durch Informationstechnologie durchgeführt. An diesen Punkt setzt das PAM3D-Projekt an. Ziel ist die Entwicklung eines Webservices, der die automatisierte Berechnung der schlagspezifischen Hangneigung ermöglicht, sowie dessen Integration in das bestehende PAM-Entscheidungshilfesystem [Sc16]. Der Landwirt wird dadurch in die Lage versetzt, Hangaufgaben automatisiert und nachvollziehbar zu erfüllen.

Der Fokus des vorliegenden Beitrags liegt in einer ersten Analyse zum Potenzial und den Einsatzmöglichkeiten von digitalen Höheninformationen zur Umsetzung von Hangaufgaben im Pflanzenschutz. Digitale Höhenmodelle (DHM) können durch verschiedene Verfahren generiert werden. Die gängigsten Methoden sind die Stereo-Photogrammetrie, die SAR-Interferometrie, das Laserscanning sowie das Scannen/Digitalisieren von existierenden Kartenbeständen. Bei der Auswertung von digitalen Höheninformationen ist zu beachten, dass die topographischen Informationen in Abhängigkeit von der Erfassungsmethode als Digitales Geländemodell (DGM) oder Digitales Oberflächenmodell (DOM) vorliegen können. DGMs beschreiben dabei die tatsächlichen Höheninformationen der topographischen Erdoberfläche, wohingegen im DOM die Erdoberfläche inklusive ihrer Bedeckung, wie Vegetation, Gebäude etc., dargestellt wird. Diese Nomenklaturen werden in der Literatur nicht immer einheitlich verwendet [Zh17].

## 2 Untersuchungsgebiet und Datengrundlage

Als Untersuchungsgebiet für die Analysen wurde das Bundesland Rheinland-Pfalz gewählt, das durch eine sehr kleinstrukturierte Agrarlandschaft gekennzeichnet ist.

Im Rahmen der Analysen wurden topographische Geländeinformationen aus verschiedensten Quellen einbezogen. Flächendeckend für das gesamte Bundesland stehen die durch das Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz (LVerGeo RLP) und das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) bereitgestellten DGMs mit einer räumlichen Auflösung von 1 bzw. 10 Metern (DGM1, DGM10) sowie grob aufgelöste, satellitenbasierte DOM-Datensätze (SRTM und ALOS World 3d-30m - AW3D30) zur Verfügung. Für einzelne Testflächen wurden zusätzlich hochauflö-

sende Traktor-GPS/GNSS-Daten sowie Drohnen- (DOM) erhoben. Einen Überblick über die im Rahmen der Studie verwendeten Höheninformationen gibt Tabelle 1.

Name	Quelle	Erfassungsmethode	Auflösung Lage/Höhe	Genauigkeit Lage/Höhe
UAV	Dienstleister	Photogrammetrie	0,8-3,05 cm / 0,0001 cm	n.a. / 1,7-4,9 cm
DGM1	LVerGeo RLP	Laserscanning	1 m / 0,01 m	n.a. / ±0,15-0,3 m
DGM10	BKG	Laserscanning Photogrammetrie Digitalisierung von Höhenlinien	10 m / 0,01 m	±0,5-2 m / ±0,5-2 m
AW3D30	Jaxa	Photogrammetrie	1'' / 1 m	5 m / 5 m
SRTM	USGS	Radarinterferometrie	1'' / 1 m	20 m / 16 m

Tab. 1: Übersicht der in der Studie verwendeten Höheninformationen

### 3 Methodik

Generell können auf Grundlage der in digitalen Geländemodellen gespeicherten Höheninformationen verschiedene DGM-Parameter abgeleitet werden, wie z. B. Hangneigung, Hanglänge, Exposition oder Krümmung. Für die Entscheidung, ob ein Ackerschlag als hangauflagenrelevant einzustufen ist, ist die Hangneigung von besonderem Interesse. Die Berechnung der Hangneigung auf Grundlage von topographischen Informationen kann durch verschiedene Verfahren erfolgen [Wh04]. Im Rahmen dieser Studie wurde das Verfahren nach Horn [Ho81] angewandt. Um den Einfluss der räumlichen Auflösung der Höhendaten zu untersuchen sowie die Repräsentativität der abgeleiteten Hangneigungswerte für eine bestimmte Fläche einzuschätzen, wurde zunächst die mittlere Hangneigung für eine zufällige Stichprobe von 3.000 Feldern in Rheinland-Pfalz berechnet und statistisch evaluiert.

Zusätzlich wurde ein alternativer Ansatz zur Abschätzung der Hangneigung getestet, der verschiedene, aus den Höhendaten abgeleitete Parameter (Abb. 1) kombiniert. Die Abflussakkumulation (Fließmodellalgorithmus D-Infinity [Ta97]) gibt für jede Rasterzelle an, wieviel hangaufwärts gelegene Raster- bzw. Teilflächen in diese entwässern, und gibt einen Hinweis darauf, in welchen Feldbereichen mit einer Konzentration des Oberflächenabflusses zu rechnen ist. Kombiniert man diese Information mit der Hanglänge, so können diejenigen Feldbereiche identifiziert werden, die eine Hangneigung von über 2 % sowie gleichzeitig eine Hanglänge von über 100 m aufweisen. Die Hangneigung wird dabei – ähnlich der Bestimmung der Hangneigung im Gelände – über die maximale und minimale Höhe entlang des Hanges bestimmt.

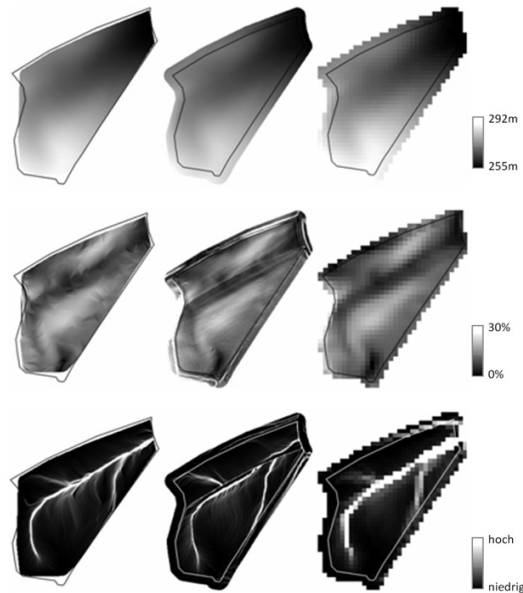


Abb. 1: DGM-Daten (oben) und abgeleitete Hangneigung (Mitte) sowie Abflussakkumulation (unten) für Traktor-GPS/GNSS- (links), -DGM1 (Mitte) und -DGM10-Daten (rechts)

#### 4 Ergebnisse

Ein Vergleich der amtlichen DGM1- und DGM10-Daten hat gezeigt, dass die auf Grundlage der DGM1-Daten berechnete mittlere Hangneigung höher ist als die mittels der DGM10-Daten ermittelte (Abb. 2). Ausnahme bilden hier lediglich Schläge, die unmittelbar an steilere Hanglagen angrenzen sowie sehr kleine Schläge. Auf Grundlage der höher aufgelösten DGM1-Daten würden somit letztendlich deutlich mehr Felder in die Kategorie „hangneigungsrelevant“ eingestuft werden (DGM10 15,9 % vs. DGM1 2,2 %). Auch Felder mit einer maximalen Höhendifferenz von weniger als 2 m werden teilweise auf Grundlage der DGM1-Daten als hangneigungsrelevant eingestuft. Bei sehr hochauflösenden digitalen Höheninformationen (z. B. UAV-Daten mit Auflösung im cm-Bereich) wäre im Vorfeld der Hangneigungsberechnung eine Interpolation auf eine niedrigere, zu definierende räumliche Auflösung erforderlich. Ohne diesen Schritt würden sich sehr hohe mittlere Hangneigungen ergeben (für Beispielfelder > 100 %).

Aufgrund der Skalenabhängigkeit des direkt aus den DGM-Daten abgeleiteten Parameters Hangneigung wurde der oben genannte alternative Ansatz zur Abschätzung der Hangneigung getestet, der verschiedene DGM-Parameter kombiniert. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass die ermittelten Hangneigungen deutlich stabiler sind und weniger stark durch die Auflösung der zugrunde liegenden DGM-Daten beeinflusst werden.

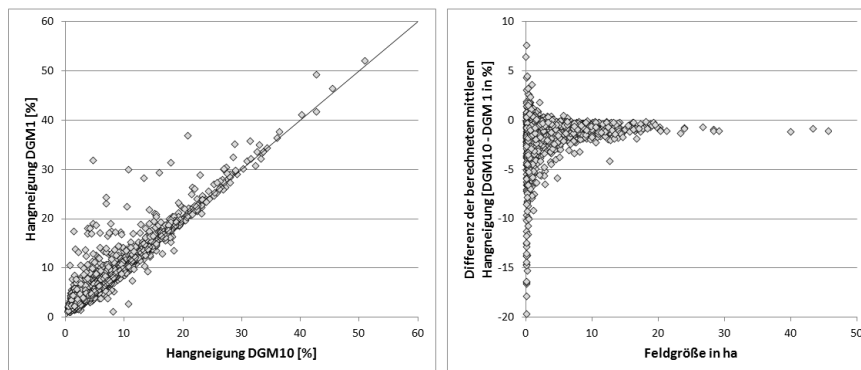


Abb. 2: Vergleich der aus dem DGM1 und DGM10 abgeleiteten, schlagspezifischen Hangneigung. Weiterhin haben die Untersuchungen gezeigt, dass die aus den Satellitendaten gewonnenen Höhendaten aufgrund ihrer deutlich geringeren Auflösung und Genauigkeit nicht genutzt werden können. Hinzu kommt, dass es sich um DOM-Daten handelt, was zur Folge hat, dass die Hangneigung in Waldrandnähe deutlich überschätzt wird.

## 5 Diskussion

Die Analysen haben ergeben, dass die mittlere Hangneigung sehr stark von der Auflösung des DGMs abhängt und dieser Parameter somit nur bedingt zur Umsetzung von Hangauflagen im Pflanzenschutz geeignet ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass mit zunehmender Auflösung auch geringe Unebenheiten, z. B. durch Bearbeitungszustand des Feldes, abgebildet werden und in die Berechnung der Hangneigung eingehen. Für sehr hochauflösende Höheninformationen im cm-Bereich, wie z. B. die UAV-Daten, ergeben sich folglich sehr hohe mittlere Hangneigungswerte. Der festgestellte Zusammenhang zwischen DGM-Auflösung und mittlerer Hangneigung steht in Übereinstimmung mit anderen Forschungsergebnissen [CH09].

Die Hangneigung allein gibt weiterhin keine Auskunft über die Fließrichtung des Abflusses im Feld und somit darüber, ob der Oberflächenabfluss in Richtung eines Gewässers erfolgt. Erst dadurch würde der Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in ein Gewässer möglich. Die zweite, im Rahmen der Studie vorgeschlagene Prozesskette, besitzt diesen Nachteil nicht und kann einen Beitrag dazu leisten, Feldbereiche zu identifizieren, in denen Hangauflagen zu berücksichtigen sind.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen der Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die aus den DGM-Daten auf Pixelbasis abgeleitete Hangneigung nur bedingt zur Unterstützung der Einhaltung von Hangauflagen bei der Pflanzenschutzmittelanwendung geeignet ist. Ein alternativer

Ansatz, der zusätzlich die Information zur Hanglänge und Abflussakkumulation kombiniert, zeigt für die Testgebiete unabhängig von der Auflösung der DGM-Daten deutlich stabilere Ergebnisse. Im weiteren Projektverlauf ist ein großflächiger Test dieser Prozesskette vorgesehen. Dabei werden alternative, in anderen Softwarepaketen implementierte Methoden zur Berechnung der verwendeten DGM-Parameter im Detail analysiert werden. Weiterhin wird das Potential zusätzlicher, aus DGM-Daten ableitbarer Parameter [Zh17] evaluiert werden.

## 7 Danksagung

Die Förderung des PAM3D-Projektes erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projekträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

### Literaturverzeichnis

- [Bv18] BVL Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit: Kodeliste für Kennzeichnungen und sonstige Auflagen zum PSM-Verzeichnis, [https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/04\\_Pflanzenschutzmittel/PSM\\_Kodeliste.html](https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/04_Pflanzenschutzmittel/PSM_Kodeliste.html), Stand: 27.08.2018.
- [CH09] Chow, T.E.; Hodgson, M.E.: Effects of lidar post-spacing and DEM resolution to mean slope estimation. *International Journal of Geographical Information Science* 23/10, S. 1277-1295, 2009.
- [Ho81] Horn, B.: Hill shading and the reflectance map. In: *Proceedings of the IEEE*, vol. 69, S. 14-47, 1981.
- [Sc16] Scheiber, M.; Federle, C.; Feldhaus, J.; Golla, B.; Hartmann, B.; Kleinheinz, B.; Martini, D.; Röhrig, M.: Pflanzenschutz-Anwendungs-Manager (PAM): Automatisierte Berücksichtigung von Abstandsaufgaben. *Praktische Vorführung und Testergebnisse*. In (Ruckelshausen, A. et al., Hrsg.): *Intelligente Systeme Stand der Technik und neue Möglichkeiten*, *Lecture Notes in Informatics (LNI)*, Gesellschaft für Informatik, Bonn, 2016.
- [Ta97] Tarboton, D.G.: A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. *Water Resources Research* 33/2, S. 309-319, 1997.
- [Wh04] Warren, S.D.; Hohmann, M.G.; Auerswald, K.; Mitasova, H.: An evaluation of methods to determine slope using digital elevation data. *Catena* 58, S. 215-233, 2004.
- [Zh17] Zhou, Q.: Digital elevation model and digital surface model. In (Richardson, D. et al., Hrsg.): *The International Encyclopedia of Geography*, John Wiley & Sons, 2017.