

Mit Drohnen gegen Bodenerosion

Daniel Schaub | Abteilung für Umwelt | 062 835 33 60

Bodenerosion gilt weltweit als eines der grössten Umweltprobleme. Auch in der Schweiz sollen verstärkt Massnahmen angeordnet werden, wenn bewirtschaftungsbedingte Erosionsraten überschritten sind. Mit einer Änderung der Direktzahlungsverordnung wurden die kantonalen Behörden 2017 verpflichtet, Bodenerosion gezielt zu erfassen. Drohnen und ihr photogrammetrisches Potenzial sind ein praktisches und effizientes Hilfsmittel zur Umsetzung dieser neuen Vorgaben.

Der Abtrag von Ackerkrume durch heftigen Regen und oberflächlich abfließendes Wasser gilt weltweit als die grösste Gefährdung der Fruchtbarkeit unserer Böden. Weil die Verwitterung von mineralischem Gestein zu belebtem Boden nur sehr langsam verläuft, geht dem Boden die Substanz verloren. Er wird flachgründiger und vermag deshalb weniger Wasser und organischen Kohlenstoff zu speichern. Erodierendes Bodenmaterial wird ins Gewässer gespült. Dort werden die an den Boden gebundenen Düngestoffe und Pflanzenschutzmittel gelöst und beeinträchtigen die Wasserqualität.

Beste Schutz gegen Bodenerosion ist eine gute Pflanzenbedeckung. Pflanzenblätter bremsen die aufprallenden Regentropfen und bringen das Niederschlagswasser kontrolliert zur Versickerung. Die Pflanzendecke vermag auch Oberflächenabfluss aufzuhalten. Nach frischer Rekultivierung, infolge anhaltender Trockenheit, bei Überweidung oder nach der Ansaat eines Ackers fehlt aber die schützende Pflanzendecke. Es ist entscheidend, dass der Boden eine stabile Struktur aufweist, die den fallenden Regentropfen Widerstand entgegensetzen kann. Wesentlich ist dabei die Bodenbewirtschaftung. Intensive Bodenbearbeitung und

mangelnde mikrobiologische Aktivität infolge hohen Dünger- und Pflanzenschutzmitteleinsatzes reduzieren die Widerstandskraft des Bodens.

Das Risiko nimmt zu

Das schweizerische Umweltschutzgesetz verpflichtet zur Vermeidung von Bodenerosion bei der Nutzung des Bodens. Schon 1998 wurden in der dazugehörigen Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) Richtwerte eingeführt, bei deren Überschreitung Massnahmen zum Schutz des Bodens ergriffen werden müssen. Trotz dieser gesetzlichen Bestimmungen muss davon ausgegangen werden, dass die Bodenerosion in den letzten 20 Jahren zugenommen hat. Jedenfalls hat der Bundesrat 2017 beschlossen, die kantonalen Behörden durch eine Verschärfung der Direktzahlungsverordnung (DZV) stärker in die Verantwortung zu nehmen, die Bodenerosion zu dokumentieren und Massnahmen zu verfügen.



Foto: Delia Mändli

Bodenerosion gilt weltweit als die grösste Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit. Auch der Aargau ist davon betroffen.

Schwierig zu messen

Auch wenn ein gesetzlicher Richtwert existiert: Es ist in Wirklichkeit sehr aufwändig, Bodenerosion systematisch zu messen. Daher verfolgen die Kantone unterschiedliche Ansätze beim Umsetzen der neuen Vollzugsaufgabe. Der Kanton Bern zum Beispiel weist die Landwirte an, Schäden durch Bodenerosion eigenverantwortlich zu deklarieren, damit für die betroffenen Flächen zusammen mit der kantonalen Fachstelle Massnahmenpläne erarbeitet werden können. Der Kanton Aargau hat noch kein Vorgehen festgelegt.

Die erst seit wenigen Jahren etablierte und sich rapid entwickelnde Drohnentechnik eröffnet völlig neue Möglichkeiten zur photogrammetrischen Beschreibung von Umweltzuständen. Diese unbemannten Flugobjekte eignen sich besonders, um aktuelle und hochaufgelöste Luftbilder unserer dynamischen Kulturlandschaft aufzunehmen. Ihr Einsatz schliesst die Lücke zwischen grossräumigen Satellitendaten und konventionellen Kartierungen am Boden. Wie praxistauglich diese Instrumente heute sind, wurde in einer Masterarbeit an der Universität Basel untersucht.

Wie werden Drohnen eingesetzt?

Für die mittels Drohnen erzeugten Produkte wie hochaufgelöste Orthophotos (verzerrungsfreie, massstabsgetreue Luftbilder), Digitale Höhenmodelle (DHM), Volumenberechnungen und multispektrale Vegetationsaufnahmen wurde bewusst einfache und kommerziell verfügbare Technik eingesetzt. Im Rahmen der Arbeiten wurden Ackerflächen in den Gemeinden Möhlin AG (Lössterrasse im Hochrheintal) und Gelterkinden BL (Tafeljura) in den Monaten März, Mai, Juni und August 2017 überflogen. Dort hatte im Winter Dauerregen in Kombination mit Schneeschmelze Erosionsschäden verursacht.

In der ersten Flugphase wurde eine breitgefächerte Auswahl an Orthophotos und Höhenmodellen in verschiedenen Grössen der überflogenen Flächen mit ungleicher Flughöhe sowie Flugplanung (Befliegung nur in eine Richtung oder in Längs- und Querrichtung), zu verschiedenen Flugzeiten und mit unterschiedlicher Auflösung erzeugt. Es sollte damit analysiert werden, wie sich die Qualität der Erfassung von Erosionsformen in Abhängigkeit der variablen Einstellungen einer Drohne einschätzen lässt.

Als nächster Schritt wurde das erodierte Volumen mit Hilfe von Drohnen berechnet, um prüfen zu können, ob der gesetzliche Richtwert für maximal zulässigen Bodenabtrag eingehalten wird. Wichtig war dabei vor allem die Bestimmung der Messgenauigkeit. Anhand von künstlich geformten Erosionsrillen konnten die Messwerte, die man mit durch Drohnen generierten digitalen Höhenmodellen berechnet hatte, mit einer manuellen Messmethode mit Laser verglichen werden. Abschliessend wurde eine Multispektralkamera an die Drohne gekoppelt. Mit einer solchen Kamera lassen sich normalisierte differenzierte Vegetationsindex-Kartierungen (NDVI-Karten) erstellen. Der NDVI ist ein Mass für die Pflanzenvitalität und ergibt sich aus dem spezifischen Strahlungsverhalten einer Pflanze aufgrund ihres Chlorophyllgehalts. Ziel war herauszufinden, ob sich die Verminderung der Bodenqualität durch die Erosionsschäden direkt im Pflanzenwachstum und damit im zu erwartenden landwirtschaftlichen Ertrag zeigt.



Volumenabschätzung von Bodenabtrag mithilfe einer Drohne und der im Bild sichtbaren GPS-Station zur genauen Positionierungsbestimmung.



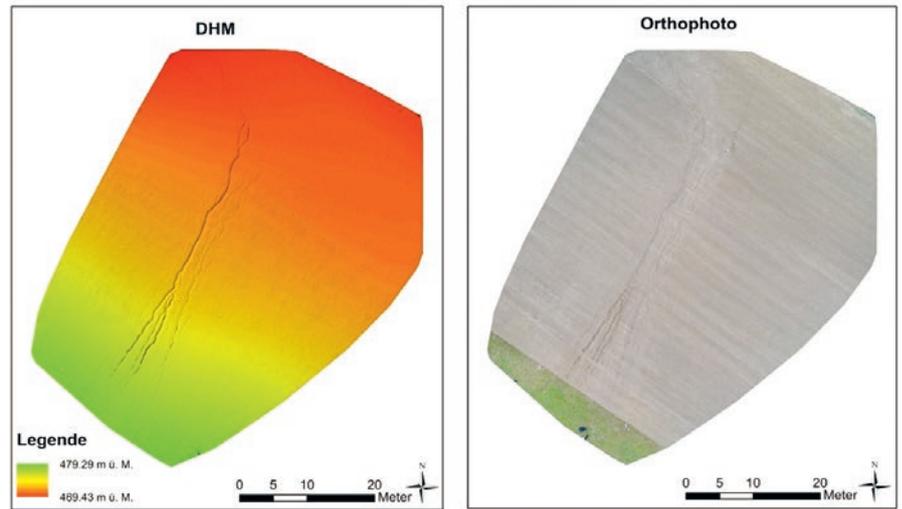
Lasermessung als Validierungsmethode. Fazit ist, dass mit Drohnen das Abtragsvolumen mit ähnlicher Genauigkeit erfasst werden kann wie mit der bisherigen Schadenskartierung.

Orthophotos und Höhenmodelle, Qualität und Aufwand

Mit verschiedenen Drohnenflügen konnten Höhenmodelle und Orthophotos mit einer Auflösung von bis zu 0,24 Zentimeter erstellt werden. Auf diesen hochaufgelösten Bildern sind die verschlammten Oberflächen und auch kleine Rillen gut zu erkennen. Dagegen sinkt bei hohen und schnellen Flügen mit grossen überflogenen Flächen die Qualität der Auflösung. Dafür kann mit diesen Flügen ein ganzheitlicheres Bild der Erosionsituation und somit auch der Erosionsursache sichtbar gemacht werden. Auch mit einfachem Material ist es also möglich, mit Hilfe von Drohnen Erosionsformen ausreichend genau zu erfassen, vorausgesetzt der Einsatz wird sorgfältig auf den Zweck ausgerichtet.

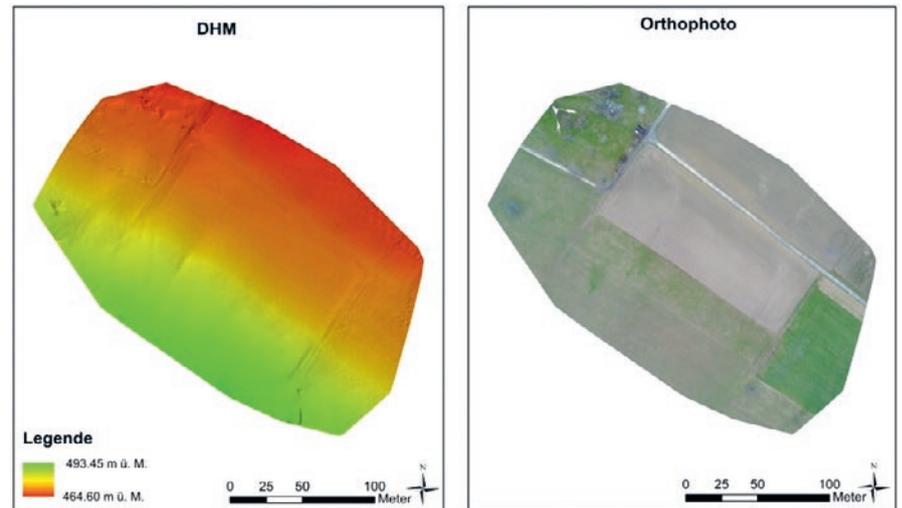
Die gewünschte Auflösung hat einen grossen Einfluss auf die Flughöhe, den Flugmodus, die überflogene Fläche und auch die Flugdauer. Begrenzend dabei ist immer die Akkulaufzeit sowie die vorhandene Anzahl Akkus für die Drohne. Der Aufwand für eine Erfassung von Bodenerosion setzt sich aus der Flugplanung, der Flugzeit der Drohne, dem Einmessen der Punkte der Georeferenzierung und der Nachbearbeitung der Drohnenbilder zusammen. Um mit Drohnen grossflächige Regionen zu überfliegen, eignet sich aus heutiger Sicht ein kombinierter Einsatz von vorhandenen LiDAR-Daten und Orthophotos mit der bestehenden Erosionsrisiko-Karte des Bundes als Orientierungshilfe.

Aufnahmen einer grösseren Ackerfläche mit Winterweizen im Mai 2017



Drohnenflug mit Flughöhe 10 Meter, Double Grid, Auflösung 0,4 Zentimeter: hochaufgelöst aufgenommene Erosionsrillen (herausvergrösserter Ausschnitt der linken Bildhälfte der folgenden Abbildung). Mit solchen Aufnahmen kann der Bodenabtrag effizient berechnet werden.

DHM: Digitales Höhenmodell



Drohnenflug mit Flughöhe 100 Meter, Single Grid, Auflösung 2,61 Zentimeter: Eine grössere Flughöhe mit geringerer Bildauflösung ermöglicht den Überblick über Erosionsschäden.

Kartierung des Vegetationsindex NDVI mit der Multispektralkamera: Die Farbe Blau zeigt einen hohen NDVI-Wert, was eine hohe Pflanzenvitalität bedeutet, rote Flächen zeigen die tiefste Vitalität. Der NDVI zeigt auf, wo Erosionsschäden direkt das Pflanzenwachstum beeinträchtigen und somit der Landwirt einen Minderertrag zu erwarten hat. Dies sollte dazu motivieren, Massnahmen zur Verminderung der Bodenerosion zu unternehmen.

Bildbearbeitung: Delia Mändli

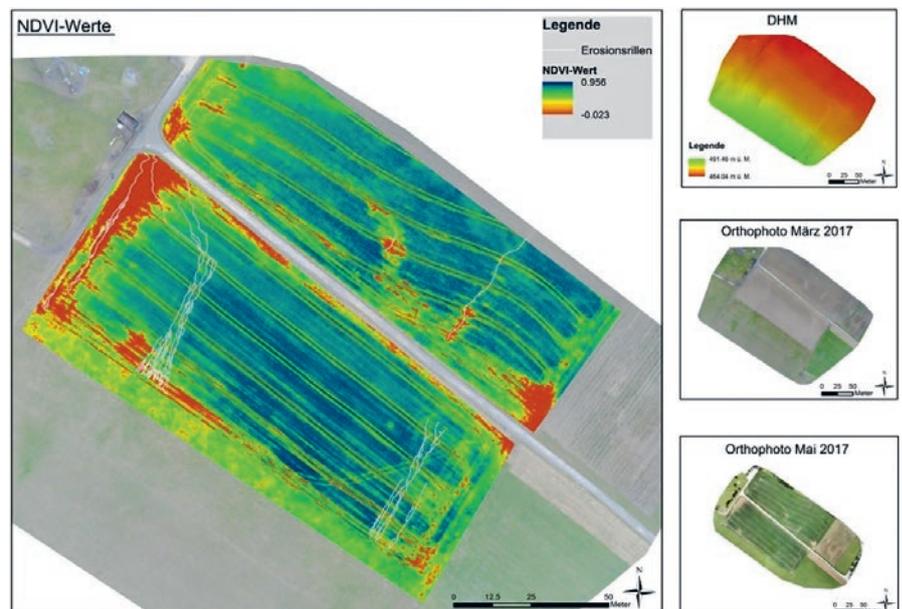




Foto: Delia Mändli

Drohnenflug über Bodenerosionsrillen

Technische Ausrüstung

Um die technischen Möglichkeiten der Drohnen für praktische Anwendungen zu untersuchen, wurde möglichst einfaches, preiswertes, kommerziell erwerbbares und bereits erprobtes Material benutzt. So zum Beispiel eine Drohne Phantom 4 Pro (DJI), eine Drohne Phantom 3 Pro (DJI), eine Sequoia-Kamera von Parrot für Multispektralaufnahmen, das App Pix4DCapture (PIX4D) für die Flugplanung im Feld, ein GNSS von Trimble zur genauen Georeferenzierung der Drohnenbilder, ein Laser von Bosch PLR 40C, um die Volumenmessungen zu validieren, das Programm Pix4Dmapper für die Auswertung der Drohnenbilder sowie das GIS-Programm ArcGIS für Darstellungen und weitere Berechnungen.

Ist der gesetzliche Richtwert eingehalten?

Die Abweichungen des berechneten erodierten Volumens mittels einer Drohne im Vergleich zur Lasermessung von Hand lagen in Bereich zwischen einer Unterschätzung von 20,1 Prozent bis zu einer Überschätzung von 15,2 Prozent. Dies entspricht der Streuung von Laservermessungen der gleichen Form durch zwei verschiedene Personen («Kartiersubjektivität»). Mit Drohnen lässt sich somit das Abtragsvolumen mit ähnlicher Genauigkeit wie bei der bisherigen Schadenskartierung erfassen, dank der Automatisierung aber eben viel effizienter. Das Berechnen des Bodenabtrags mit Drohnen bietet somit für die Anwendung im Vollzug durch die Zeitersparnis viel Potenzial.

Bei der Kartierung des Vegetationsindex NDVI mit der Multispektralkamera hat sich gezeigt, dass der NDVI gut abbildet, wo Erosionsschäden das Pflanzenwachstum beeinträchtigen. Mit zusätzlichem Aufwand bei der Bildauswertung wird es zudem möglich, das räumliche Muster

der durch wiederholte Erosionsschäden verursachten langfristigen Verminderung der Bodenfruchtbarkeit zu belegen.

Fazit: Drohnen können mehr

Es ist unabdingbar, dass kantonale Fachstellen die Errungenschaften der Digitalisierung ausschöpfen, um ihre Arbeit so effektiv wie möglich ausführen zu können. Wie das Beispiel des Erosionsschutzes zeigt, weisen Drohnen ein vielseitiges Potenzial auf, im Umweltvollzug von enormem Nutzen zu sein. Sie eignen sich zum Auffinden von Bodenschäden und zur Überprüfung, ob der gesetzliche Richtwert für maximal zulässige Bodenerosion überschritten ist und Massnahmen einzuleiten sind. Darüber hinaus lassen sich zusätzliche Informationen gewinnen über die Ursachen eines Schadens oder die langfristige Verminderung der Bodenproduktivität auf der betroffenen Ackerfläche. Die Anwendung einer Multispektralkamera und der daraus generierten NDVI-Kartierungen ermöglichen es, die direkten und längerfristigen Auswirkungen der

Bodenerosion zu visualisieren und damit Landwirte und die Bevölkerung für die Bodenerosionsproblematik zu sensibilisieren.

Neben den vorhandenen Möglichkeiten und den noch bestehenden technischen Herausforderungen spielt heute die Diskussion um die Folgen der zunehmenden Digitalisierung mit Aspekten wie Privatsphäre und Datenschutz eine bedeutende Rolle. Um Drohnen im Umweltschutz anzuwenden zu können, müssen Standards zu deren Nutzung als rechtlich verbindliches Vollzugsmittel festgelegt werden. Eine solche Klärung wird Vorurteile gegenüber den Drohnen abbauen und mehr Akzeptanz in der Gesellschaft für deren Verwendung schaffen.

Dieser Artikel entstand in Zusammenarbeit mit Delia Mändli. Sie hat die Untersuchungen im Rahmen ihrer Masterarbeit durchgeführt und arbeitet heute beim Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) als Spezialistin für Drohneneinsätze.