

**Tagungsbeitrag zu:**

Jahrestagung der DBG,  
Kommission VI

**Titel der Tagung:**

Böden – Lebensgrundlage und Verantwortung

**Veranstalter:**

DBG

**Termin und Ort der Tagung:**

07. bis 12.09.2013, Rostock

**Berichte der DBG** (nicht begutachtete online Publikation), <http://www.dbges.de>

## **Modellierung und Quantifizierung von winderosionsbedingten Auswehungs- und Akkumulationsbereichen mit WEPS in PCRaster**

Michael Kuhwald<sup>1</sup>, Rainer Duttmann<sup>1</sup>

**Schlüsselworte:** Winderosion, Dynamische Modellierung, WEPS, PCRaster

### **Einführung**

Zur flächenhaften Abschätzung der Winderosionsgefährdung wird in der Bundesrepublik Deutschland als Standardverfahren die DIN 19706 eingesetzt. Sie gestattet eine qualitative Einordnung der Erosionsgefährdung in ordinal skalierte Gefährdungsklassen, liefert aber keine Angaben über Austragsmengen. Darüber hinaus erfasst sie die feldinterne Variabilität des an der Oberfläche befindlichen Bodens nicht. Der Abtrags- und Depositionsprozess innerhalb eines Schlages wird von dieser jedoch wesentlich beeinflusst (DUTTMANN und BACH 2006).

Die vorliegende Arbeit geht der Frage nach, in welchem Maße die Heterogenität des Oberflächensubstrates Einfluss auf die Modellierung des feldinternen Transportgeschehens hat.

Es wird die durch den dynamischen Prozess hervorgerufene räumliche Differenzierung von Auswehungs- und Akkumulationsflächen aufgezeigt. Zu diesem Zweck wurde das Modellsystem WEPS in PCRaster eingesetzt.

### **Methodik**

#### *Untersuchungsgebiet*

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Schleswiger Vorgeest, nahe der Ortschaft Schuby (Schleswig-Holstein). Vorherrschende Bodentypen auf den hier verbreitet auftretenden Schmelzwassersanden sind Podsol-Gleye und Gleye. Als Bodenart überwiegt feinsandiger Mittelsand. Im Frühjahr treten verstärkt Ostwinde mit hohen Windgeschwindigkeiten auf, die trockene Luftmassen mit geringem Niederschlagsrisiko mit sich führen und daher Auslöser für Winderosion sein können (DUTTMANN et al. 2011). Nach der DIN 19706 ergibt sich für das Gebiet eine potenzielle Winderosionsgefährdung der Klasse „Sehr hohe Erosionsgefährdung“. Zur flächenhaften Erfassung der Textur und des Humusgehaltes im Oberboden wurden auf der 17,4 ha großen Testfläche an 39 Punkten Proben entnommen. Durch ein kombiniertes Auswahlverfahren aus Random Point-Sampling, Luftbildanalyse und vor Ort Begehung erfolgte die Standortauswahl. Die Proben wurden jeweils mit einem Stechzylinder (100 cm<sup>3</sup>) in einer Tiefe von 0 bis 5 cm entnommen. Die Korngrößenanalyse erfolgte nach DIN ISO 11277. Der Gesamtkohlenstoffgehalt wurde mit einem C/N-Analyser (EURO ES Elementaranalyse, HEKAtech) gemessen. Die so gewonnenen Punktinformationen wurden mittels IDW-Interpolation (R, Version 2.15) auf die Fläche übertragen (Beta-Wert: 2,7; Rasterzellengröße: 1 m).

#### *WEPS in PCRaster*

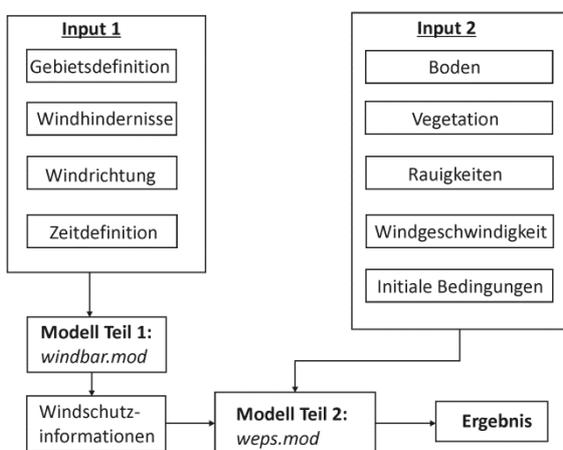
Das Wind Erosion Prediction System (WEPS) ist ein eigenständiges Programm

---

<sup>1</sup>Geographisches Institut der CAU zu Kiel  
Landschaftsökologie und Geoinformation  
kuhwald@geographie.uni-kiel.de

zur Berechnung der Winderosion auf Einzelschlägen. Es stammt aus den USA und wird dort vor allem als Managementwerkzeug verwendet (HAGEN et al. 1996; WAGNER 2013). PCRaster ist ein Geographisches Informationssystem zur Rasteranalyse. Es eignet sich besonders zur dynamischen Modellierung (VISSER 2005).

VISSER et al. 2005 implementierten das Erosionssubmodell von WEPS in die Sprache von PCRaster, sodass der dynamische Prozess der Loslösung, Transport und Deposition der Winderosion unter ansonsten konstanten Bedingungen flächenhaft simuliert werden kann.



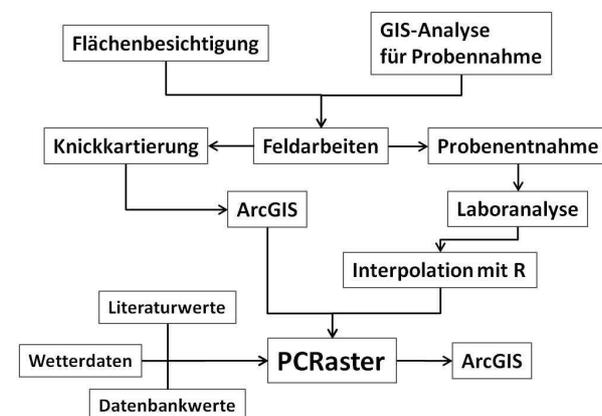
**Abb. 1:** Aufbau von WEPS in PCRaster (nach VISSER 2005)

Der Aufbau von WEPS in PCRaster ist in Abbildung 1 erkennbar. Der erste Prozessabschnitt berechnet die Schutzwirkung der Windhindernisse wie Hecken oder Knicks unter Berücksichtigung der Windrichtung. Darauf folgt die Modellierung der Erosion und Deposition für jede einzelne Rasterzelle auf Grundlage der Eingangsparameter. Die Ergebnisse werden als ASCII-Files abgelegt.

### Modellierung

Die Modellierung basiert auf dem Script von VISSER 2005, wobei der Iterationsbereich versionsbedingt auf eine Iteration herabgesetzt wurde. Die Eingangsparameter Skelettgehalt, Bodenart und Kohlenstoff wurden aus den erhobenen und interpolierten Daten als Rasterkarten zugeführt. Wei-

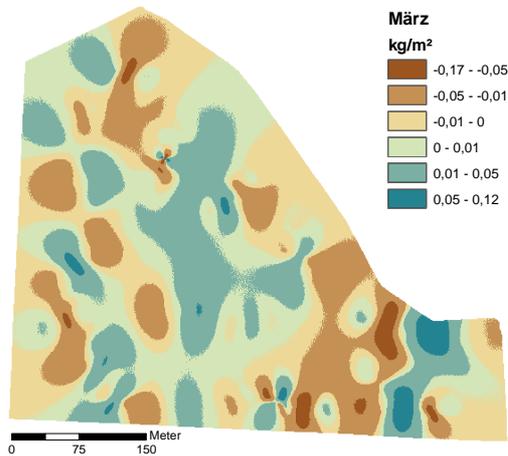
tere erforderliche Größen wie Aggregatstabilität, Krustenstabilität und Aggregatgröße wurden aus der WEPS Datenbank sowie aus der Literatur (MAURER und GERKE 2011; VISSER 2005) entnommen. Windgeschwindigkeit und Windrichtung stammen von der DWD-Wetterstation "Schleswig". Die Modellierung erfolgte für zwei ausgewählte Zeiträume im Frühjahr 2011 (15. bis 17. März und 07. bis 09. April). An jenen Tagen wurden hohe Windgeschwindigkeiten bei gleichzeitiger Trockenheit aufgezeichnet. Die anschließende Visualisierung erfolgte mit ArcGIS 10.0. Der genaue Prozessablauf ist in Abbildung 2 dargestellt.



**Abb.2:** Arbeitsschritte der Modellierung

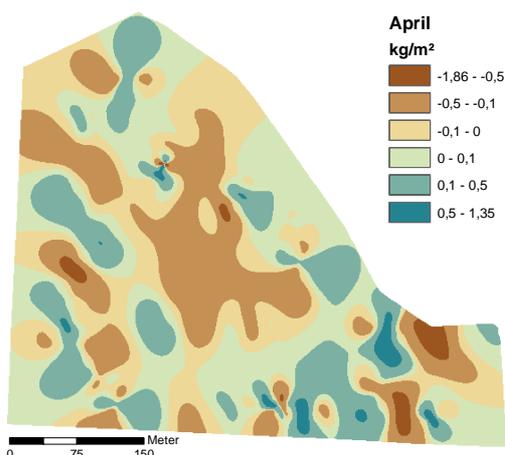
### Ergebnisse

Abbildung 3 zeigt das Simulationsergebnis für das Erosionsereignis vom 15. bis 17. März 2011. Zu dem Zeitpunkt herrschten Ostwinde mit Windgeschwindigkeiten bis 9,4 m/s (in 10 m Höhe) vor. Es lassen sich klar abgrenzbare Muster von Erosion (bräunliche Farbtöne) und Deposition (bläuliche Farbtöne) innerhalb der Fläche erkennen. Sie erstrecken sich in Nord-Süd-Ausdehnung, entsprechend quer zur vorherrschenden Windrichtung. Die Verteilung der Auswehmuster folgt dabei den Bereichen mit höheren Fein- und Feinstsandanteilen. Es werden Erosionsmengen von maximal 0,17 kg/m<sup>2</sup> erreicht. In Bereichen mit höheren Anteilen an Grobsand überwiegt die Akkumulation. Hier wurden Mengen von bis zu 0,12 kg/m<sup>2</sup> errechnet.



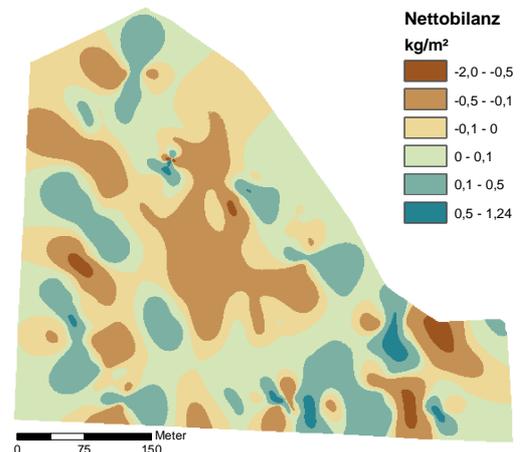
**Abb. 3:** Erosions- und Depositionsbereiche im März

Abbildung 4 zeigt die Modellergebnisse für den Zeitraum im April. Bei diesem Ereignis herrschten Winde aus West und Nordwest mit Windspitzen bis zu 10,6 m/s vor. Die Muster der Erosions- und Depositionsbereiche haben sich signifikant verändert. Die Verwehungsmenge hat aufgrund der höheren Windgeschwindigkeit zugenommen (vgl. Skala). Es wurden Erosionsmengen bis zu 1,86 kg/m<sup>2</sup> errechnet. Zudem hat sich die Deflationsfläche vergrößert, sodass auch Bereiche mit höheren Grobsandanteilen von Erosion betroffen sind. Zur Deposition kommt es dort, wo der Grobbodenanteil erhöht ist. Hier sind Akkumulationsmengen von bis zu 1,35 kg/m<sup>2</sup> vorzufinden.



**Abb. 4:** Erosions- und Depositionsbereiche im April

Um die Gesamterosion bzw. -deposition zu erhalten, erfolgte die Aufsummierung beider Erosionsereignisse. Das Ergebnis ist in Abbildung 5 dargestellt. Es zeigt sich, dass die Erosions- und Depositionsflächen



**Abb. 5:** Nettobilanz der beiden Erosionsereignisse

sich leicht verändert haben, aber im Wesentlichen dem Ereignis im April ähneln. Die höchste Erosionsmenge steigt auf 2,0 kg/m<sup>2</sup> an, die höchste Depositionsmenge sinkt auf 1,24 kg/m<sup>2</sup> ab.

### Diskussion

Die Modellierung mit WEPS in PCRaster ermöglicht den Winderosionsprozess als dynamischen Prozess abzubilden. Wie die Ergebniskarten aufzeigen, wirken sich bereits kleinere Texturunterschiede auf Lage und Form der Erosions- und Akkumulationsmuster aus. Die Heterogenität der Oberbodentextur führt selbst bei dem verhältnismäßig einheitlichen Ausgangssubstrat Schmelzwassersand zu markanten Unterschieden in der räumlichen Ausprägung der feldinternen Erosions- bzw. Depositionsareale.

Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass es durch wechselnde Winde zu Umverteilungen des verwehten Bodenmaterials im Feld selbst kommt. Dadurch ändert sich die Nettobilanz je Rasterzelle im Vergleich zur Betrachtung von Einzelereignissen. So kann eine Fläche bei Ostwind (vgl. Abb. 3) der Erosion ausgesetzt sein, während sie bei Westwind (vgl. Abb. 4) zur Depositionsfläche wird.

Erwartungsgemäß nimmt die Windstärke erheblichen Einfluss auf die im Modell berechnete Austragsmenge. So wurde im Zeitraum April mit Windstärken bis zu 10,6

m/s bei Westwind eine 11 mal höhere Gesamtaustragsmenge modelliert als im März bei Ostwind mit Windstärken bis 9,4 m/s. Daher überwiegen bei der Betrachtung der Nettobilanz die Muster der April-Modellierung.

Auch wenn die reale Austragsmenge nicht quantifiziert werden konnte gibt es Hinweise, dass es auf der Fläche zu Sedimentumlagerungen im geringen Umfang im Frühjahr 2011 gekommen ist. Eigene Feldbeobachtungen zeigen wenige Millimeter mächtige Akkumulationen beispielsweise im Windschatten von Maisstoppeln (vgl. Abbildung 6). Zudem wurden Winderosionsereignisse in der Schleswiger Vorgeest im Frühjahr 2011 dokumentiert (HASSENPFUG 2011).



**Abb. 6:** Spuren von Winderosion auf dem Feld

Besonderes Augenmerk bei der Modellierung kam der Erfassung der Variabilität von Textur und Gesamtkohlenstoffgehaltes zu. Weitere Eingangsparameter wie die Aggregat- und Krusteneigenschaften wurden nicht gemessen und sind daher mit gewissen Ungenauigkeiten behaftet. Die Sensibilität von WEPS in PCRaster gegenüber Eingangsparameter wie Wassergehalt, Krusten- und Aggregateigenschaften macht jedoch eine flächendifferenzierte Erfassung bzw. Eingabe erforderlich.

### **Fazit**

Mit WEPS in PCRaster lässt sich eine flächendifferenzierte dynamische Modellie-

rung des Winderosionsprozesses durchführen. Es konnten die Muster der Erosions- und Depositionsareale innerhalb der Flächen ausgewiesen und der Einfluss wechselnder Winde auf die Gesamtnettobilanz aufgezeigt werden.

Auch wenn die Mengenangaben für die hier vorgestellten Berechnungen nicht überprüfbar sind und das Modell mit einer hohen Anzahl an Eingangsparametern arbeitet, ist es als dynamisches Modell zur Abbildung des Winderosionsprozesses geeignet. Der nächste Schritt ist die Erfassung eines Erosionsereignisses zur Validierung und Kalibrierung des Modells, unter Verwendung von Erosionskartierungen und Befliegungen. Darüber hinaus erfolgt die Übertragung von der Feldskala auf die regionale Skala.

### **Literatur**

DUTTMANN, R. und BACH, M. (2006): Long-Term Wind Erosion and its Impact on Soil Heterogeneity in Sandur Plain Landscapes in Northern Germany. In: *Advances in GeoEcology* 38, S. 309-319.

DUTTMANN, R., HASSENPFUG, W., BACH, M., LUNGERSHAUSEN, U. und FRANK, J.-H. (2011): Winderosion in Schleswig-Holstein. Kenntnisse und Erfahrungen über Bodenverwehungen und Windschutz. Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (Hrsg.). Flintbek.

HAGEN, L. J., WAGNER, L. E. und TATARKO, J. (1996): WEPS, Introduction. In: WEPS.Technical Documentation.

HASSENPFUG, W. (2011): Maisanbau und Bodenverwehung in Schleswig-Holstein im Frühjahr 2011. In: *Natur- und Landeskunde. Zeitschrift für Schleswig-Holstein, Hamburg und Mecklenburg* 10-11, S. 137-147.

MAURER, T. und GERKE, H. H. (2011): Modelling aeolian sediment transport during initial soil development on an artificial catchment using WEPS and aerial images. In: *Soil and Tillage Research* 117, S. 148-162.

VISSER, S.M. (2005): WEPS in PCRaster. S. 1-89.

VISSER, S. M., STERK, G. und KARSENBERG, D. (2005): Wind erosion modelling in a Sahelian environment. In: *Environmental Modelling & Software* 20, (1), S. 69-84.

WAGNER, L. E. (2013): A history of Wind Erosion Prediction Models in the United States Department of Agriculture: The Wind Erosion Prediction System (WEPS). In: *Aeolian Research* 10, S. 9-24.