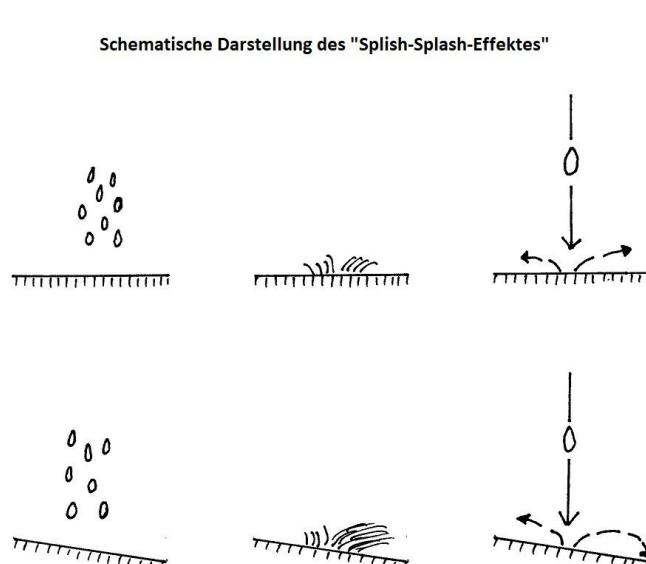


Was passiert, wenn Regen auf den Boden fällt? Eine kurze Betrachtung über das Wirkungsgefüge von Niederschlag-Erosion-Transport-Ablagerung.

von Robert Glassl

Die Flutkatastrophe im Ahrtal und angrenzender Gebiete im Juli 2021, die verheerenden Folgen von Starkregenereignissen in den Alpen (Berchtesgaden 2021, Österreich 2022) sowie viele andere mit Regenfällen im Zusammenhang stehende Naturrisiken verdeutlichen die Dimensionen und die gewaltigen Kräfte, die von diesen Niederschlagsereignissen ausgehen. Doch diese wirken nicht nur bei extremen Geschehnissen sondern, mit weniger folgenreichen Konsequenzen, auch bei geringeren Niederschlagsintensitäten und in kleineren räumlichen Einheiten. An solch kleinskaligen Beispielen soll in diesem Beitrag das Wirkungsgefüge der daran beteiligten Kräfte und der dadurch ausgelösten Prozesse aufgezeigt werden. Wir stellen uns also die Frage, was eigentlich passiert, wenn Regen auf den Boden fällt?



R. Glassl 07/2022 (verändert nach Goudie 2007, S. 330)

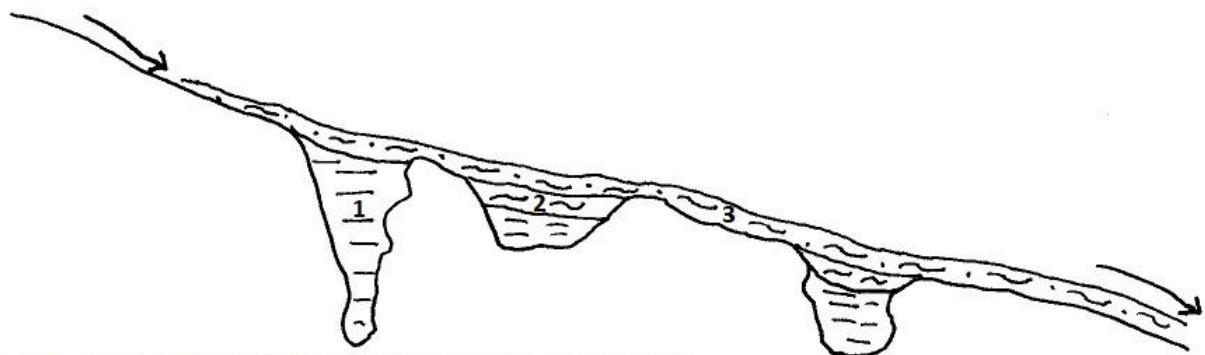
Ist die Bodenoberfläche nur spärlich bewachsen, wie es beispielsweise Felder im Frühjahr und Frühsommer sind (insbesondere wenn darauf Mais angebaut wird) oder vegetationslos (wie Baugebiete oder Verkehrsflächen in unbebautem Zustand) wird bei Regen durch die Aufprallenergie der Regentropfen auf die Bodenoberfläche lockeres Bodenmaterial aus seinem Verbund gelöst und beim Aufplatzen der Tropfen aus ihrer Lage fortgeschleudert. Man spricht hier von „splish and splash Erosion“ („Plitsch-und-Platsch-Erosion“ / „Aufprall- und Spritzeffekt“). Diese wirkt umso intensiver, je stärker der Niederschlag ist.

Abb. 1: Schematische Darstellung des Aufprall- und Spritzeffektes von Regentropfen auf nur spärlich bewachsenem Boden (R. Glassl 07/2022; verändert nach Goudie 2007, S. 330)

Ist die Energie, mit der die Regentropfen auf die Bodenoberfläche treffen größer als die Kräfte, durch die die Bodenteilchen zusammengehalten werden, dann werden die Bodenpartikel zerschlagen. Sie zerspringen in kleinere Bestandteile. Auf einer ebenen Fläche wirken diese Erosionskräfte in alle Richtungen mit gleicher Stärke, so dass sie letztlich kaum Veränderungen auslösen. Auf einem Hang allerdings verlängern sich die Flugbahnen der Spritzer in der hangabwärtigen Richtung. Das hat zur Folge, dass der Spritzeffekt einen Versatz der aus ihrer ursprünglichen Position herausgeschleuderten Bodenteilchen hangabwärts bewirkt (siehe Abbildung 1).

Da auf einer vegetationslosen oder nur wenig bewachsenen Bodenoberfläche durch jeden Regentropfen ein „Minikrater“ entsteht, werden bei diesem „Einschlag“ Bodenpartikel von 0,2 bis 1 mm Durchmesser zerkleinert. Diese Zerschlagung in kleinere Teilchen führt nun an der Bodenoberfläche dazu, dass die zerkleinerten Partikel eine dichtere Lagerung erfahren. Die Anzahl der größeren Bodenporen, die Regenwasser in den Boden leiten können, wird durch kleinere, feinere Bodenporen abgelöst. Ist die Fallgeschwindigkeit der Regentropfen größer als jene Geschwindigkeit, mit der der Boden die Regentropfen aufnehmen und speichern kann (Infiltrationsgeschwindigkeit), weicht das Regenwasser zur Seite aus. Es kann immer weniger Wasser in den Boden eindringen und darin versickern, der Boden verschlämmt. Diese Verschlämung der Bodenoberfläche verhindert die Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens weiter und unterbindet sie schließlich völlig. Das Regenwasser kann nicht mehr versickern, auf dem nun gesättigten Boden setzt Abfluss ein. Dadurch werden Bodenteilchen mit dem Wasser weggeschwemmt.

Schematische Darstellung des Verschlämungsprozesses



- 1 In Bodenporen und Hohlräume eingespültes Bodenmaterial
- 2 Bereiche aufgestauten Wassers
- 3 Suspension aus gelösten und eingetragenen Bodenpartikeln und Niederschlagswasser

R. Glassl 07/2022

Abb. 2: Schematische Darstellung des Verschlämungs- und Verspülungsvorgangs (R. Glassl 07/2022)

Auf einem gleichmäßig geneigten Hang ohne Reliefunterschiede, wie sie zum Beispiel Steine oder Pflanzenstengel verursachen, nimmt die Schichtdicke des abfließenden Oberflächenwassers hangabwärts zu. Damit vergrößert sich auch die auf die Oberfläche wirkende Abtragungskraft des abfließenden Wassers, die sogenannte Schubspannung. Ist diese Schubspannung größer als jene Kraft, die der Boden dem abfließenden Wasser entgegengesetzt (Scherwiderstand) werden weitere Partikel von der Bodenoberfläche abgelöst. Sie fließen dann als Feststoffteilchen oder als Suspension im Wasser gelöst mit dem Oberflächenwasser hangabwärts. Dabei erfahren sie eine Beschleunigung. Einen Teil dieser Bewegungsenergie übertragen sie auf weitere Bodenteilchen, die noch auf der Oberfläche festsitzen, stoßen diese an, lösen sie aus ihrer Position und erhöhen damit die Partikelzahl im Wasserabfluss. Mit zunehmender Mächtigkeit dieser Abflusschicht werden Unebenheiten im Bodenrelief überdeckt. Dadurch sinkt die Reibung und es kommt auf der gesamten Hangfläche zum Bodenabtrag. Ragen Steine, Pflanzenteile oder andere Hindernisse aus der Wasserschicht heraus, konzentriert sich der Abfluss auf hindernisfreie Abfussbahnen. Der flächenhafte Abtrag (Denudation) geht dann in einen linienhaften Abtrag (Erosion) über. Diese linearen Erosionsformen verlängern sich durch rückschreitende Erosion hangaufwärts.



Abb. 3: Auf unbedecktem Boden auftreffende Regentropfen (oben) - verschlämme Bodenoberfläche mit Erosionsrinne nach anhaltendem Starkregen (unten) (R. Glassl 12/2018)

Sobald die abgetragenen und abgeschwemmbten Bodenpartikel auf ein Hindernis treffen oder den Fuß des Hanges erreichen wird ihre Bewegung verlangsamt und kommt schließlich völlig zur Ruhe. Dann sammeln sich die abgetragenen und vom Wasser transportierten Bodenmaterialien an, sie werden abgelagert, sedimentiert. Dabei kommt es zu einer Materialsortierung, bei der die größeren, schwereren Partikel zuerst, die kleineren, leichteren Teilchen danach abgesetzt werden. Es bilden sich Kolluvien, in Schichten abgelagertes Bodenmaterial, die große Mächtigkeiten erreichen können. Am Hangfuß entsteht eine leicht geneigte Rampe, ein sogenannter Schwemmfächer. Nimmt die Abflussmenge und die Abflussgeschwindigkeit bei neuerlichen, intensiven Niederschlagsereignissen wieder zu, steigt die Erosionsleistung erneut an und der abgelagerte Schwemmfächer kann durch die verstärkte Erosion wieder zerschnitten werden.

Gemeinsam bewirken die Hangdenudation sowie ein Netz von Erosionsrinnen die Abtragung von Bodenmaterial auf dem gesamten Hangbereich. Aus kleinen Rillen können größere Rinnen entstehen, aus diesen sich Furchen, Kerben, Klingen oder gar Schluchten entwickeln. Auf Testfeldern durchgeführte Langzeitmessungen ergaben, dass ein Bodenverlust von zehn Tonnen pro Hektar und Jahr einer Erniedrigung der Bodenoberfläche von einem Millimeter entspricht.¹

Dies erscheint auf den ersten Blick wenig zu sein. Aber auf ein Menschenalter von 80 Jahren berechnet wird der Boden um acht Zentimeter abgetragen. Damit verliert er etwa ein Drittel seiner fruchtbaren Ackerkrume, was wiederum die Bodenfruchtbarkeit gefährdet. Unter den heutigen klimatischen Verhältnissen werden durchschnittlich lediglich 0,01 Millimeter neuer Boden pro Jahr gebildet! Dies bedeutet, dass nur 1,67 Tonnen pro Hektar und Jahr Bodenverlust tolerierbar wären!² Weltweit summieren sich diese durch Bodendegradation verursachten Schäden auf circa 300 Milliarden US-Dollar pro Jahr.³ Boden ist eine in menschlichen Zeitdimensionen nicht erneuerbare Ressource!

¹ Wagner 2019, S. 46.

² Zepp 2002, S. 136.

³ Zentrum für Entwicklungsforschung Bonn – in: DIE Zeit N° 38 vom 14.09.2017, Seite 39.



Abb. 4:
Von den flachen Hängen beidseits abgetragenes Bodenmaterial, das an der tiefsten Stelle abgelagert worden ist. In diesem abgelagerten Sediment hat sich nach einem weiteren Abflussereignis eine Erosionsrinne eingeschnitten
(R. Glassl 3/2019)

Dieses hier aufgezeigte Ursachen-Wirkungs-Gefüge von Niederschlag-Erosion-Transport-Ablagerung zeigt Lagebeziehungen zwischen den Orten des Abtrags und denen der Sedimentation auf. Auf der einen Seite wird Bodenmaterial und damit organische Substanz erodiert und abtransportiert, dadurch werden die Bodenmächtigkeit, Nährstoffverfügbarkeit und in der Folge die Bodenfruchtbarkeit und somit der Ernteertrag verringert sowie Hänge durch Erosionsrinnen zerschnitten. Auf der anderen Seite wird Bodenmaterial akkumuliert. Dabei werden oft Nutzpflanzen, Gräben, Straßen überschüttet, Minerale und Nährstoffe eingetragen und damit Beeinträchtigungen des dortigen Ökosystems ausgelöst.

Im regionalen und auch im lokalen Maßstab lassen sich die Wechselwirkungen der hier tätigen Kräfte und die von ihnen ausgehenden Prozesse sowie die Verknüpfung natürlicher Systeme mit den Einwirkungen menschlicher Tätigkeiten gut veranschaulichen. Auf diese Weise entstand in unserer Kulturlandschaft ein Kleininformenschatz, der sich unter anderen aus Waldrandstufen, Ackerterrassen, Kerbtälern, Hohlwegen, Erosionskerben und Schwemmfächern zusammensetzt.

Literatur:

- Goudie, A. (2007): Physische Geographie. Eine Einführung. Spektrum Akademischer Verlag; Berlin, Heidelberg (Sonderausgabe).
- Wagner, H.-G. (2019): Bodenerosion in der Agrarlandschaft des Taubertales. Würzburger Geographische Manuskripte Heft 88; Würzburg.
- Zemke, J. et al. (2022): Bodenerosion in Wald- und Forstgebieten. – Geographische Rundschau 7/8-2022, S. 34-41. Westermann Bildungsmedien Verlag; Braunschweig.
- Zepp, H. (2002³): Geomorphologie. UTB Schöningh; Paderborn.
- DIE Zeit N° 38 vom 14.09.2017; Hamburg.

