

## Wirkungen des Ökologischen Landbaus auf Bodenerosion – Beitrag 3: Eignung bestehender Methoden, Defizite und Anpassungsbedarf

Siebrecht, N. und Kainz, M.<sup>1</sup>

*Keywords: erosion, organic agriculture, models, USLE, RUSLE2*

### Abstract

*For the assessment of soil erosion many models have been developed. Most of these don't consider specific effects of organic agriculture (OA). That might result in wrong calculations of soil losses. This paper describes how the widespread model ABAG could be adopted to OA. But some effects can not be included easily. This seems to be possible when using the model RUSLE2, which is compatible to ABAG. But at least the carry-over effect of leys and the influence of pesticides need further research.*

### Einleitung und Zielsetzung

Für die Abschätzung von Erosionsgeschehen bzw. dem Ausmaß des Bodenabtrags durch Wasser stehen unterschiedliche Instrumentarien zur Verfügung. Neben einfachen Feldmethoden, die beispielsweise anhand von Indikatoren Aussagen zur Erosionsgefährdung erlauben, werden Messtechniken eingesetzt, bei denen Abflüsse exakt definierter Flächen gemessen werden und deren Sedimentgehalt bestimmt wird. Solche Erosionsmessungen liefern zwar Ergebnisse mit der höchsten Genauigkeit, sind allerdings sehr aufwändig und nur in Forschungsvorhaben anwendbar. Um Bodenabträge voraussagen und bewerten zu können sind daher Modelle gebräuchlich, die (zum Teil) in der Beratung und auf den Betrieben eingesetzt werden. Es ist aber zu konstatieren, dass die modifizierenden Effekte des Ökolandbaus bisher nicht oder nur unzureichend berücksichtigt werden. Es stellt sich daher die Frage, wie und in wie weit sie in die Modelle einbezogen werden können. Zur Beantwortung wird die Allgemeine Bodenabtragungsgleichung betrachtet, die innerhalb Deutschlands die weiteste Verbreitung hat und als das am Besten angepasste und praxistauglichste Modell für die Erosionsabschätzung in landwirtschaftlichen Betrieben gilt.

### Methoden

Die ABAG (Schwertmann et al. 1987) basiert auf dem empirischen Modell der USLE (Wischmeier & Smith 1978). Da beide Modelle bereits hinreichend beschrieben sind, wird die ABAG hier nur kurz charakterisiert. Grundlage des Modells ist ein Gleichungssystem, das die wichtigsten Einflussgrößen auf das Erosionsgeschehen quantifiziert und zusammenfasst. Durch Multiplikation von 6 Faktoren wird der langfristig mittlere Bodenabtrag bestimmt. Diese berücksichtigen neben standortabhängigen Größen wie der Niederschlagscharakteristik (=R-Faktor; Dauer, Intensität und Verteilung), Boden- (=K-Faktor; org. Substanz, Körnung ...) und Geländeeigenschaften (=LS-Faktoren; Hangneigung und -länge), die Bewirtschaftung durch die angebauten Fruchtarten, deren Abfolge, dem Reststoffmanagement und der Bodenbearbeitung (=C-Faktor; Fruchtfolge und Bewirtschaftung) und spezifische Maßnahmen zum Erosionsschutz (=P-Faktor; Querbearbeitung, Filterstreifen ...). Die

---

<sup>1</sup> Lehrstuhl für Ökologischen Landbau, Technische Universität München, Alte Akademie 12, 85350, Freising, Germany

Ergebnisse stellen den langjährig mittleren Bodenabtrag (20 Jahre) dar, eine Betrachtung, die kürzer als eine Fruchtfolge ist, ist nicht zulässig.

An diesem Model wird beispielhaft aufgezeigt, wie die beschriebenen Effekte (vgl. Kainz et al. 2009, Kainz 2007) in diesem System integriert werden können bzw. welche Anpassungen erforderlich sind.

### Ergebnisse und Diskussion

Der Carry-over-Effekt, der Nachwirkungen eines Gras-, Klee- oder Klee grasbestandes auf die Erosionsanfälligkeit einer Fläche beschreibt, ist in der ABAG im C-Faktor integriert: Im ersten Jahr nach dem Umbruch wird der Bodenabtrag auf 20%, im zweiten Jahr auf 60% reduziert. Allerdings muss davon ausgegangen werden, dass damit der Effekt nicht ausreichend berücksichtigt ist (s. Kainz et al. 2009). Es wäre möglich, in der ABAG die Koeffizienten für die Wirkung hoch zu setzen und evt. die Wirkung auf einen Zeitraum von über 2 Jahren auszudehnen. Allerdings fehlt für ein solches Vorgehen die Datenbasis und kann deshalb derzeit nicht realisiert werden.

Weitere Effekte des Ökolandbaus beeinflussen Bodenmerkmale, die im K-Faktor berücksichtigt werden, weil sie sich langfristig nicht oder nur wenig ändern, wie z.B. die Gehalte an organischer Substanz. Es ist die Frage, ob der Effekt einer Stallmistdüngung und einer mineralischen Düngung im K- oder im C-Faktor berücksichtigt werden sollte. Auerswald et al. (1996) schlagen vor, dies im K-Faktor zu tun.

Die Wirkung von Stallmist auf Bodenerosion (Becher & Kainz 1983, Siegrist et al. 1998) kann bisher nicht abgebildet werden, da derzeit der Zusammenhang zwischen Aggregatstabilität und Bodenabtrag nicht explizit zu quantifizieren ist. Sollten sich durch eine langjährige Stallmistdüngung die Humusgehalte im Boden erhöhen, so würde dies bei der Berechnung des K-Faktors gemäß ABAG-Vorschriften zur Geltung kommen, aber nur, wenn Messwerte der Äcker vorliegen, wie Kainz (2007) fordert, oder ein genereller Zuschlag für die Stallmistwirtschaft angenommen wird. Weitere Effekte der Stallmistdüngung, wie z.B. eine Erhöhung der Regenwurmfauna und der Infiltrationsleistung würden aber nicht berücksichtigt.

Die destabilisierende Wirkung einer K- bzw. Na-Düngung wurde von Auerswald et al. (1996) in einer umfangreichen Studie für verschiedene Skalenebenen quantifiziert. Sie haben den Vorschlag gemacht, den K-Faktor um diese Wirkung zu ergänzen:

$$K_{\text{adjusted}} = K + 0,02 (Na^+ + K^+ - 5)$$

wobei  $Na^+$  und  $K^+$  die prozentuale Austauschbelegung durch diese einwertigen Kationen darstellt. Da im ökologischen Landbau üblicherweise die K-Düngung restriktiv gehandhabt wird, ist eine geringere K-Sättigung entsprechend bewirtschafteter Böden und somit eine geringere Bodenerodierbarkeit anzunehmen. Es ist davon auszugehen, dass  $NH_4$ -Ionen ähnlich wirken und eine im konventionellen Landbau verbreitete Ammoniumdüngung die Bodenerodierbarkeit erhöht. Dies könnte in ähnlicher Form berücksichtigt werden.

Die Fruchtfolgen, die Kulturverfahren und insbesondere der Verlauf der Bodenbedeckung durch Kulturpflanzen, Unkräuter und Bestandesrückstände unterscheiden sich im ökologischen Landbau deutlich vom konventionellen (Kainz et al. 2009). Für diese andersartigen Anbausysteme müssen C-Faktoren entwickelt werden, indem der Relative Bodenabtrag (RBA; Schwarzbrache = 100) für jede typische Situation bestimmt und mit der Regenverteilung verknüpft wird. Bei der Anpassung der USLE an deutsche Verhältnisse wurden in einer Vielzahl von aufwändigen Messungen bei künstlichen und natürlichen Regen RBA gemessen. Für

die Erarbeitung von ABAG-Faktorenwerten für den ökologischen Landbau müsste man analog vorgehen – was sicherlich mehrere Jahre in Anspruch nimmt.

Zusammenfassend sind die Möglichkeiten zur Integration der Effekte in die ABAG wie folgt einzuschätzen: Einflüsse der Düngung bzw. unterlassener Düngung in den K-Faktor ist realisierbar, Fruchtfolgeeffekte (z.B. carry-over Effekt von Klee gras) sind implementiert und derzeit aufgrund der mangelhaften Datenlage nicht zu verbessern. Unmittelbare Auswirkungen der Bewirtschaftung sind grundsätzlich abzubilden, allerdings ist das Verfahren, für alle typischen Bedingungen RBA durch Abtragsmessungen zu bestimmen, sehr aufwändig. Selbst dann wäre es unmöglich, alle Besonderheiten zu berücksichtigen und für jedes neue Verfahren (z.B. die Dammkultur) müsste ein Erosionsmessprogramm aufgelegt werden. Ein Ansatz könnte sein, die Wirkungen in sog. Subfaktoren (hier: C-Subfaktoren) aufzuteilen und damit nur die jeweils abweichenden Wirkungen anpassen zu müssen (z.B. die Wirkung der Dämme bei der Dammkultur). Eine konsequente Umsetzung dieser Idee liegt seit 2002 vor.

Foster et al. (2002) haben die USLE weiterentwickelt, ohne die Grundlage des Modells zu verlassen. Damit dürfte diese „Revised Universal Soil Loss Equation“ (RUSLE 2;) kompatibel mit den Datensätzen der ABAG sein. Dieses überarbeitete Modell sollte durch verschiedene Modifikationen einfachere Möglichkeiten bieten, Effekte des Ökolandbaus zu integrieren und somit eine Anpassung an den Ökolandbau zu erreichen. In diesem Zusammenhang ist jedoch darauf hinzuweisen, dass dieses Modell bisher ebenfalls ausschließlich für den Einsatz in konventionellen Betrieben entwickelt und getestet wurde. Im Folgenden werden einige der Veränderungen gegenüber der USLE/ABAG kurz vorgestellt und die sich daraus ergebenden Möglichkeiten beschrieben.

#### Modifikationen der RUSLE2

Eine der bedeutendsten Anpassungen des Modells besteht in der veränderten zeitlichen Auflösung. Die RUSLE2 basiert auf Tagesebene – somit ist es möglich, für alle Faktoren eine zeitliche Variabilität zu berücksichtigen. Der K-Faktor beispielsweise wird im Jahresverlauf in Abhängigkeit von Niederschlag und Temperatur modifiziert. Untersuchungen zur zeitlichen Variabilität der Aggregatstabilität zeigten eine Veränderungen über das Jahr, weshalb eine entsprechende Modifikation als sinnvoll erachtet wird. Weitere wesentliche Anpassungen beziehen sich bei der Berechnung der Bodenabträge, auf die Integration von Transportkapazität und Sedimentfracht des Abflusses. Dadurch wird neben Aussagen zu Abträgen, auch die Akkumulation abgeschätzt. Neben diesen grundsätzlichen Modifikationen, wurden zum Teil auch die einzelnen erosionsbestimmenden Faktoren überarbeitet:

Der R-Faktor wird im Wesentlichen wie in der USLE belassen. Auch der K-Faktor wird wie bisher in Abhängigkeit von Bodentextur, dem Gehalt org. Substanz sowie der Struktur und Durchlässigkeit des Bodens ermittelt. Für die LS-Faktoren wurden weitere Möglichkeiten zur Berücksichtigung unterschiedliche Hangformen integriert, zugrunde liegende Gleichungen und der Hanglängenexponent, der das Verhältnis von flächiger zu rillenförmiger Erosion angibt, überarbeitet. Letzterer wird nun in Abhängigkeit von Hangneigung, Bodenbedeckung, Bodenart, eingearbeiteter Biomasse (z.B. durch Zufuhr von Wirtschaftsdüngern) und der Bodensetzung ermittelt.

Die umfangreichsten Veränderungen wurden beim C-Faktor durchgeführt. Dieser berücksichtigt nun angebaute Fruchtarten, die Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, die Ausbringung von bodenbedeckendem Material (Mulch, Mist) und die Beeinflussung der Oberflächenrauigkeit durch landwirtschaftliche Aktivitäten. Die Berechnung des C-

Faktors erfolgt durch folgende C-Subfaktoren. In den eckigen Klammern werden die zu integrierenden Effekte genannt.

- Deckungsgrad durch Pflanzen: Bedeckung oberhalb der Bodenoberfläche, die für die Interzeption von Niederschlag verantwortlich ist, ohne den Abfluss direkt zu beeinflussen [Abweichende Bedeckungsverläufe]
- Bodenbedeckung: Bedeckung direkt auf dem Boden, die Regentropfen abhält, die Abflussgeschwindigkeit reduziert und die Infiltration erhöht (z.B. lebendes Pflanzenmaterial, Pflanzenrückstände, Mulch, Steine). [Wirtschaftsdünger, Zwischenfrüchte, Untersaaten.]
- Oberflächenrauigkeit: Höhendifferenzen des Mikroreliefs, die Abflussgeschwindigkeit, Abträge und Transportkapazität verändern.
- Dämme/Rippen: Durch Bearbeitung bzw. Bewirtschaftung vorgeformte Dämme [Besondere Anbauverfahren wie z.B. Dammkulturen].
- Unterirdische Biomasse (lebende und abgestorbene Wurzelmasse, eingearbeitet Rückstände): Stabilisierung in Abhängigkeit von abgestorbener Vegetation, durchgeführten Maßnahmen, Umsetzungsprozessen, toter Biomasse. [Berücksichtigung Zufuhr org. Materials]
- Bodenverdichtung bzw. -setzung: Bodenlockerung bzw. Destabilisierung in Folge von verschiedenen Maßnahmen. [Berücksichtigung von Bodenbearbeitungsmaßnahmen wie Hacken, Striegeln...]
- Vorbefeuchtung des Bodens bzw. Bodenfeuchte.

Es wird deutlich, dass die RUSLE gegenüber der ABAG Möglichkeiten bietet, wichtige Effekte des Ökolandbaus in ein ABAG-kompatibles Modell einzubinden. Einige Bereiche – carry-over Effekt, Wirkung von PSM – bedürfen aber einer grundlegenden wissenschaftlichen Bearbeitung.

## Literatur

- Auerswald K., Kainz M., Angermüller S., Steindl H. (1996): Influence of exchangeable potassium on soil erodibility. *Soil Use Managem.* 12: 117-121.
- Becher H.H. & Kainz M (1983). Auswirkungen einer langjährigen Stallmistdüngung auf das Bodengefüge im Lößgebiet bei Straubing. *Z. Acker- Pflanzenbau* 152: 152-158.
- Foster, G.R.; Yoder, D.C.; Weesies, G.A.; McCool, D.K.; McGregor, K.C.; Binger, R.L. (2002): Revised Universal Soil Loss Equation Version 2 – User's Guide. USDA-Agricultural Research Service (Hrsg.) Washington, D.C. 166 S.
- Kainz M., Siebrecht N., Reents H.J. (2009): Wirkungen des Ökologischen Landbaus auf Bodenerosion. Beitrag in diesem Konferenzband.
- Kainz, M., (2007): Ist die Allgemeine Bodenabtraggleichung geeignet, den Bodenabtrag in ökologischen Landbausystemen zu beschreiben? In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (Hrsg.): KTBL-Fachgespräch. 1. Auflage, 13 - 23, Darmstadt: KTBL.
- Schwertmann, U., Vogl, W. & Kainz, M., (1987): Bodenerosion durch Wasser. 2. Auflage, 64, Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co.
- Wischmeier, W., Smith, D., (1978): Predicting rainfall erosion losses. 69, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.