

DIE ERDE 140 2009 (2)	Miscellaneous Issue	pp. 155-174
------------------------------	---------------------	-------------

- *Land-cover patterns – Erosive slope length – Soil erosion modelling – RUSLE*

Sebastian Wolf, Ulrich Walz and Arno Kleber

Effects of Land-Cover Change on Soil Erosion in the Saxon Switzerland National Park Region

*Auswirkungen von Landnutzungsänderungen auf die Bodenerosion
in der Nationalparkregion Sächsische Schweiz*

With 2 Photos, 6 Figures and 4 Tables

Land-cover patterns changed significantly during the last century due to anthropogenic impact. This also affected soil erosion rates. Changes in land-cover patterns influence slope lengths and, thus, erosional displacement. However, this effect is not yet well quantified. There are various established approaches for the empirical modelling of soil erosion, but none seems appropriate to sufficiently consider changes in land-cover patterns. Our main objective is to quantify the effects of land-cover changes on soil erosion. Based on historical maps and physical factors, mainly soil properties and precipitation, our modelling techniques utilise Geographic Information Systems (GIS) to assess these effects, using the Saxon Switzerland (“*Sächsische Schweiz*”) National Park Region during the past century as a test area. Our results indicate that changes in land-cover patterns affected soil erosion to a greater extent than estimated so far, and thus need to be considered more precisely in erosion modelling.

Summary: Effects of Land-Cover Change on Soil Erosion in the Saxon Switzerland National Park Region

Changes in land cover and its patterns affect lateral processes like surface runoff and consequently soil erosion. However, the effects of changes in land-cover patterns are usually not included when modelling soil erosion. Therefore, the effects of land-use and

land-cover changes on soil erosion are underestimated. Using an empirical modelling approach based on the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), a methodology is proposed to include changes in land-cover patterns in soil erosion models. An assessment of existing approaches to calculate erosive slope length is included. In addition, an improved method for the consideration of flow barriers without infiltration is suggested in order to model surface runoff

more accurately according to the process of soil erosion. A case study on soil erosion in the Saxon Switzerland ("Sächsische Schweiz") National Park Region, Germany, from 1900 to 1992, confirmed our hypothesis that changes in land-cover patterns considerably affect erosive slope length and accordingly soil erosion. While soil erosion decreased on average over the whole area as agricultural use of steep slopes was reduced, other changes in land-cover patterns caused an increase of soil erosion. From 1900 to 1992 soil erosion increased on 41 % of the agricultural units in the study area due to changing land-cover patterns. This increase primarily occurred after 1940, in conjunction with land reform and the aggregation of agricultural units resulting in longer slopes. Areas with a high Natural Erosion Vulnerability emerged as particularly sensitive to changes in land-cover patterns. Overall, our results suggest that the effects of land-cover patterns on soil erosion have been underestimated so far and need to be considered more precisely in empirical soil erosion modelling.

Zusammenfassung: Auswirkungen von Landnutzungsänderungen auf die Bodenerosion in der Nationalparkregion Sächsische Schweiz

Veränderungen in der Landnutzung und Landnutzungsstruktur beeinflussen Prozesse wie den Oberflächenabfluss und folglich die Bodenerosion. Dennoch werden die Auswirkungen von Veränderungen der Landnutzungsstruktur im Allgemeinen nicht bei der Modellierung der Bodenerosion berücksichtigt. Dadurch werden die Folgen von Landnutzungsänderungen auf die Bodenerosion unterschätzt. Mit der Anwendung eines empirischen Modellierungsansatzes, basierend auf der verbesserten Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (RUSLE), wird ein Ansatz vorgeschlagen, welcher Veränderungen in der Landnutzungsstruktur mit berücksichtigt. Zudem wird ein Vergleich von bestehenden Verfahren zur Berechnung der erosiven Hanglänge durchgeführt. Ferner wird eine verbesserte Berücksichtigung von Fließbarrieren ohne Versickerung vorgeschlagen, um Oberflächenabfluss genauer entsprechend dem Prozess der Bodenerosion zu modellieren. Die Anwendung der Methode am Beispiel einer Fallstudie für die

Nationalparkregion Sächsische Schweiz (Deutschland) von 1900 bis 1992 bestätigt die Hypothese, dass Veränderungen der Landnutzungsstruktur die erosive Hanglänge und somit die Bodenerosion entscheidend beeinflussen. Während die Bodenerosion durch den Rückzug von Ackerflächen aus steilen Hangpositionen im Durchschnitt für das gesamte Untersuchungsgebiet abgenommen hat, haben Veränderungen in der Landnutzungsstruktur ein Ansteigen der Bodenerosion verursacht. Von 1900 bis 1992 hat die Bodenerosion durch Veränderungen in der Landnutzungsstruktur auf 41 % der Ackerflächen zugenommen. Insbesondere nach 1940 ist die Bodenerosion durch flurbereinigende Maßnahmen und den Zusammenschluss der Bauern in landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften angestiegen. Flächen mit einer hohen natürlichen Erosionsgefährdung haben dabei besonders empfindlich auf Veränderungen in der Landnutzungsstruktur reagiert. Insgesamt zeigen unsere Ergebnisse, dass die Auswirkungen von Veränderungen der Landnutzungsstruktur auf die Bodenerosion bisher unterschätzt wurden und in der empirischen Modellierung der Bodenerosion genauer berücksichtigt werden müssen.

Résumé: L'influence de l'utilisation des terres sur l'érosion du sol dans la région du parc national de la « Suisse saxonne »

Les changements dans l'utilisation et la distribution spatiale des terres influencent directement le processus du drainage superficiel et donc l'érosion du sol. Néanmoins, les effets de ces changements ne sont généralement pas pris en compte dans la modélisation numérique de l'érosion du sol. Ainsi, l'importance des processus liés à l'utilisation des terres est sous-estimée dans ces modèles. Dans ce papier nous proposons une méthode empirique basée sur l'algorithme RUSLE (équation générale pour l'érosion du sol) qui tient compte des changements d'utilisation des terres pour la modélisation de l'érosion des sols. De plus, cette méthode inclut une évaluation des approches existantes pour calculer la longueur érosive d'une pente. Cette méthode prend également en compte le rôle des barrières de flux qui limitent l'infiltration pour mieux anticiper les processus d'érosion des sols. Une étude de cas réalisée dans la région du parc national de la « Suisse saxonne

» (Allemagne) pour la période 1900 à 1992 confirme notre hypothèse selon laquelle les changements d'utilisation des sols modifient considérablement la longueur des pentes sujettes à l'érosion et donc l'érosion des sols. Alors que l'érosion diminue lorsque l'utilisation agricole des terres diminue sur les pentes raides, d'autres changements dans la couverture terrestre ont pu augmenter l'érosion. L'érosion a augmenté de 41 % en moyenne sur les terres arables entre 1900 et 1992 à cause des changements de l'utilisation des terres. En particulier, l'érosion a augmenté après 1940 à cause de la réorganisation des paysans en coopératives agricoles de production et le besoin d'intensifier la production sur de plus grandes unités et donc plus grandes pentes. Les zones de Grande Vulnérabilité à l'Erosion sont d'autant plus sensibles aux changements d'utilisation des terres. En général, nos résultats indiquent que les effets des changements de l'utilisation des terres sur l'érosion du sol ont été sous-estimés jusqu'à présent et que ces phénomènes doivent être intégrés de façon plus précise dans la modélisation empirique de l'érosion du sol.

Dipl.-Geogr. Sebastian Wolf, ETH Zurich, Department of Agricultural and Food Sciences, Institute of Plant Sciences, LFW A54.1, Universitaetsstr.2, 8092 Zurich, Switzerland, sebastian.wolf @ipw.agrl.ethz.ch

Dr. rer. nat. Ulrich Walz, Leibniz Institute of Ecological and Regional Development, Weberplatz 1, 01217 Dresden, Germany, u.walz@ioer.de

Prof. Dr. Arno Kleber, Dresden University of Technology, Department of Geography, 01062 Dresden, Germany, arno.kleber@tu-dresden.de

Manuscript submitted: 26/01/2009

Accepted for publication: 09/06/2009