



Praktische Möglichkeiten für die Bewertung der Bodenerosion in Österreich

A. Stechauner ¹, M. Ehgartner ²

¹ *Niederösterreichische Agrarbezirksbehörde, A- 1037 Wien, Lothringerstraße 14*

² *Niederösterreichische Agrarbezirksbehörde, A- 1037 Wien, Lothringerstraße 14*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie **76** (2), S. 243–260

1988

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Stechauner_VGI_198836,  
Title = {Praktische Möglichkeiten für die Bewertung der Bodenerosion  
in Österreich},  
Author = {Stechauner, A. and Ehgartner, M.},  
Journal = {Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und  
Photogrammetrie},  
Pages = {243--260},  
Number = {2},  
Year = {1988},  
Volume = {76}  
}
```



Praktische Möglichkeiten für die Bewertung der Bodenerosion in Österreich

Von A. Stechauner und M. Ehgartner, Wien

Abstract

The loss of soil due to erosion has increased in recent years because of intensive, highly mechanized economy with poor crop rotation.

The evaluation of the erosion hazard is a precondition for counter-measures, which are urgently needed.

Within a scientific project a model for achieving a soil erosion map has been developed, the basis of which is the Universal Soil Loss Equation (USLE) by Wischmeier and Smith and the Bavarian evaluation frame by Schwertmann.

After verifying the relevant factors of the USLE with regard to being adopted for Austrian conditions, the process for achieving the erosion map is described.

Within this process the areal photograph, the digital elevation model (DEM) and the Stuttgart Contouring Programm (SCOP) take the key position. The outcome is then commented upon and, lastly, possibilities for improvement and development are shown.

Auszug:

Der Bodenabtrag hat in den letzten Jahrzehnten durch die intensive, fruchtfolgarme und hochmechanisierte Wirtschaftsweise stark zugenommen. Gegenmaßnahmen, die dringend erforderlich sind, setzen die Bewertung der Erosionsgefahr voraus.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurde ein Modell für die Herstellung von Erosionsgefährdungskarten entwickelt. Es beruht auf der universellen Bodenabtragungsgleichung (UBAG) von Wischmeier und Smith und den bayrischen Bewertungsrahmen von Schwertmann.

Nach Überprüfung der einzelnen Faktoren der UBAG in Bezug auf ihre Anwendbarkeit auf österreichische Verhältnisse wird die Vorgangsweise für die Herstellung der Erosionsgefährdungskarte beschrieben. Hierbei nehmen Luftbild, digitales Höhenmodell (DHM) und Programmpaket SCOP eine Schlüsselstellung ein. Das Ergebnis wird einer eingehenden Kritik unterzogen und schließlich werden Verbesserungs- und weitere Entwicklungsmöglichkeiten aufgezeigt.

Einleitung

Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft und von der NÖ Landesregierung geförderten Forschungsprojektes mit dem Titel „Die Luftbildauswertung als Instrument bei der Ermittlung des landwirtschaftlichen Produktionspotentials“ arbeiten folgende Institutionen zusammen:

- Institut für Raumplanung, ÖIR, Dipl.-Ing. Quendler;
- NÖ Agrarbezirksbehörde, Dipl.-Ing. Stechauner;
- Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Dipl.-Ing. Strenn;
- Technische Universität Wien, Prof. Kraus;
- Universität für Bodenkultur, Institut für Bodenkunde und Baugeologie, Prof. Blum und
- Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, Prof. Stoltzka;
- Bundesanstalt für Bodenkunde, Doz. Dr. Denneberg
- Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Dozent Dr. Klaghofer.

Ziel des Projektes ist, die Anwendung von Luftbildern und Orthophotos für die Bestandsaufnahme, Bewertung und Planung bei Kommissierungs- und Flurbereinigungsverfahren zu untersuchen. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit hat unter anderem auf dem Teilgebiet der Erosionsbewertung relativ schnell zu praktikablen Ergebnissen geführt, die im folgenden vorgestellt werden sollen.

1. Zur Umweltsituation:

In den industrialisierten Ländern haben in den letzten Jahrzehnten nicht nur Industrie, Verkehr und Haushalte zu schweren Belastungen der Umwelt geführt, sondern auch die moderne und intensiv betriebene Landwirtschaft selbst. Düngung und Pestizide belasten in zunehmendem Maße Boden und Wasser. Die Verringerung der Fruchtfolgeglieder, die mangelhafte Versorgung der Böden mit organischer Substanz und die Bewirtschaftung mit schweren Maschinen und Geräten haben zu einer fortschreitenden Verschlechterung der Bodenstruktur und zunehmenden Bodenerosion geführt. Diese Situation wurde vielfach durch private Arrondierungen und durch Flurbereinigungsverfahren noch verschärft.

Neben einem katastrophalen Artenrückgang ist vor allem die Erosion ein sichtbares Zeichen dafür, daß unsere Umwelt nicht mehr in Ordnung ist. Immer häufiger können alljährlich, landauf und landab vor allem in den Hackfruchtanbaugebieten des Hügellandes nach stärkeren Regen schwere, in die tausende Tonnen gehende Bodenverluste durch Oberflächenwasserabfluß beobachtet werden.

Den Verantwortlichen in den öffentlichen Institutionen wie Ministerien, Landesregierungen, Agrarbehörden, Kammern und Universitäten etc. sowie den Landwirten selbst ist klar, daß Abhilfe dringend not tut. In einem Bodenschutzkonzept fällt dem Erosionsschutz zweifellos eine wichtige Rolle zu.

Stand der Forschung:

In der Erforschung der naturwissenschaftlichen Zusammenhänge konnten in den letzten Jahrzehnten bedeutende Fortschritte erzielt werden, und es existiert auch schon eine ansehnliche Literatur über die Erosionsproblematik.

Die wichtigsten Vertreter sind Wischmeier und Smith (21), die in den USA die Zusammenhänge bei der Bodenerosion erforscht und ein Modell entwickelt haben, das in der universellen Bodenabtragungsgleichung (UBAG) formuliert ist.

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Hiebei bedeuten:

A = durchschnittlicher jährlicher Abtrag in t/ha

R = Regenfaktor (Erosivität)

K = Bodenerodierbarkeitsfaktor

L = Hanglängenfaktor

S = Hangneigungsfaktor

C = Bewirtschaftungsfaktor

P = Erosionsschutzfaktor

Die einzelnen erosionswirksamen Faktoren werden aus bestimmten Standortparametern abgeleitet.

Intensiv wird auch am Institut für Bodenkunde an der Technischen Universität in München geforscht. Schwertmann (20) hat das amerikanische Modell auf Bayern übertragen und das Handbuch „Die Vorausschätzung des Bodenabtrages in Bayern“ herausgegeben. Anfang des Jahres 1988 wurde eine verbesserte Neuauflage dieses Handbuches mit dem Titel „Bodenerosion durch Wasser“ im Ulmerverlag veröffentlicht, das derzeit in der NÖ Agrarbezirksbehörde für Erosionsbewertungen praktisch angewendet wird.

Um wirksame Strategien zur Bekämpfung der Bodenerosion zu entwickeln, wären für die praktischen Landwirte, die Beratungsdienste und alle Institutionen, die durch ihre Projekte in die Landschaft eingreifen wie z. B. die Agrarbehörden im Rahmen von Flurbereinigungsverfahren, dringend Planungsgrundlagen in Form von Erosionsgefährdungskarten erforderlich.

Solche Erosionsgefährdungskarten auf der Basis der UBAG sind in topographisch stärker differenzierten Gebieten ohne technische Hilfsmittel nur sehr schwierig und mit großem Arbeitsaufwand herstellbar.

Die Bewertung der komplizierten Erosionsproblematik läßt sich auf zwei, für die Praxis relevante Fragen reduzieren:

1. Ist die UBAG von Wischmeier und Smith und der Bewertungsrahmen von Schwertmann auf Österreich und im speziellen auf Niederösterreich übertragbar und können die einzelnen erosionsbestimmenden Faktoren mit genügender Genauigkeit erfaßt werden?

2. Gibt es eine praktikable, möglichst automatisierte Methode zur Herstellung von Erosionsgefährdungskarten?

Von der Beantwortung dieser Fragen hängt deshalb so viel ab, weil eine österreichweite Untersuchung aller Erosionsfragen nicht von heute auf morgen bewerkstelligt werden kann, in der Praxis aber aussagekräftige Erosionsgefährdungskarten schon jetzt dringend notwendig sind.

2. Zur Anwendung der UBAG und des Bewertungsrahmens von Schwertmann:

Nach dem Studium der deutschen Literatur über die Erosionsproblematik, einem Fachgespräch mit Prof. Schwertmann und seinen Mitarbeitern in München sowie den Ergebnissen aus Berechnungsversuchen durch die Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenerhaltung Petzenkirchen im Rahmen des in der Einleitung zitierten Projektes kommen die Verfasser dieses Artikels zu dem Schluß, daß die UBAG auch auf österreichische Ackerbaugebiete anwendbar ist.

Hiefür sprechen folgende Gründe:

– Die Forschungsarbeiten von Schwertmann und Mitarbeitern haben die Anwendbarkeit des amerikanischen Modells auf bayrische Verhältnisse im wesentlichen bestätigt. Da die natürlichen und wirtschaftlichen Voraussetzungen, unter denen in Bayern und Österreich Ackerbau betrieben wird, sich nicht grundlegend voneinander unterscheiden, muß das auch für österreichische Verhältnisse gelten. Abweichungen vom Modell, die in Bayern in Teilbereichen festgestellt wurden, wird es natürlich auch in Österreich geben. Diese sollten möglichst bald wissenschaftlich untersucht werden.

– Wie K. Auerswald (7) dargestellt hat (Abb. 1), ist die Sensitivität der erosionsbestimmenden Faktoren untereinander nicht gleich, sie ändert sich auch innerhalb der einzelnen Faktorenbereiche. Nach Abb. 1 ist der Einfluß der Hangneigung auf das Erosionsgeschehen am größten. Die Niederschlagsverhältnisse, ausgedrückt durch den R-Faktor, fallen am wenigsten ins Gewicht. Etwas stärker wirken sich die Bodeneigenschaften, die durch den K-Faktor erfaßt werden, aus.

Diese Zusammenhänge sind ein wichtiger Hinweis für die Genauigkeitsansprüche, die bei der Ermittlung der einzelnen Faktorgrößen zu stellen sind. Demnach sind die Neigungsverhältnisse mit größtmöglicher Genauigkeit zu erfassen. Bei den übrigen Faktoren ist eine größere Variabilität tolerierbar.

– Bei der Erstellung von Erosionsgefährdungskarten kommt es nicht darauf an, daß an jeder beliebigen Stelle oder für jede beliebige Parzelle der Bodenabtrag mit größter Genauigkeit festgestellt wird. Der Zweck solcher Karten ist vielmehr, gewisse Gefährdungsbereiche, Gefährdungsklassen, auszuweisen, d. h. die relative Erosionsgefährdung z. B. in 5 Klassen wie

nicht gefährdet
mäßig gefährdet
gefährdet
stark gefährdet
sehr stark gefährdet

darzustellen. Das bringt aber mit sich, daß jede Erosionsgefährdungsklasse nur einen von-bis-Wert angeben kann. Es ist daher zulässig, zumindestens bei den weniger ins Gewicht fallenden Faktoren generalisierte Werte anzuwenden.

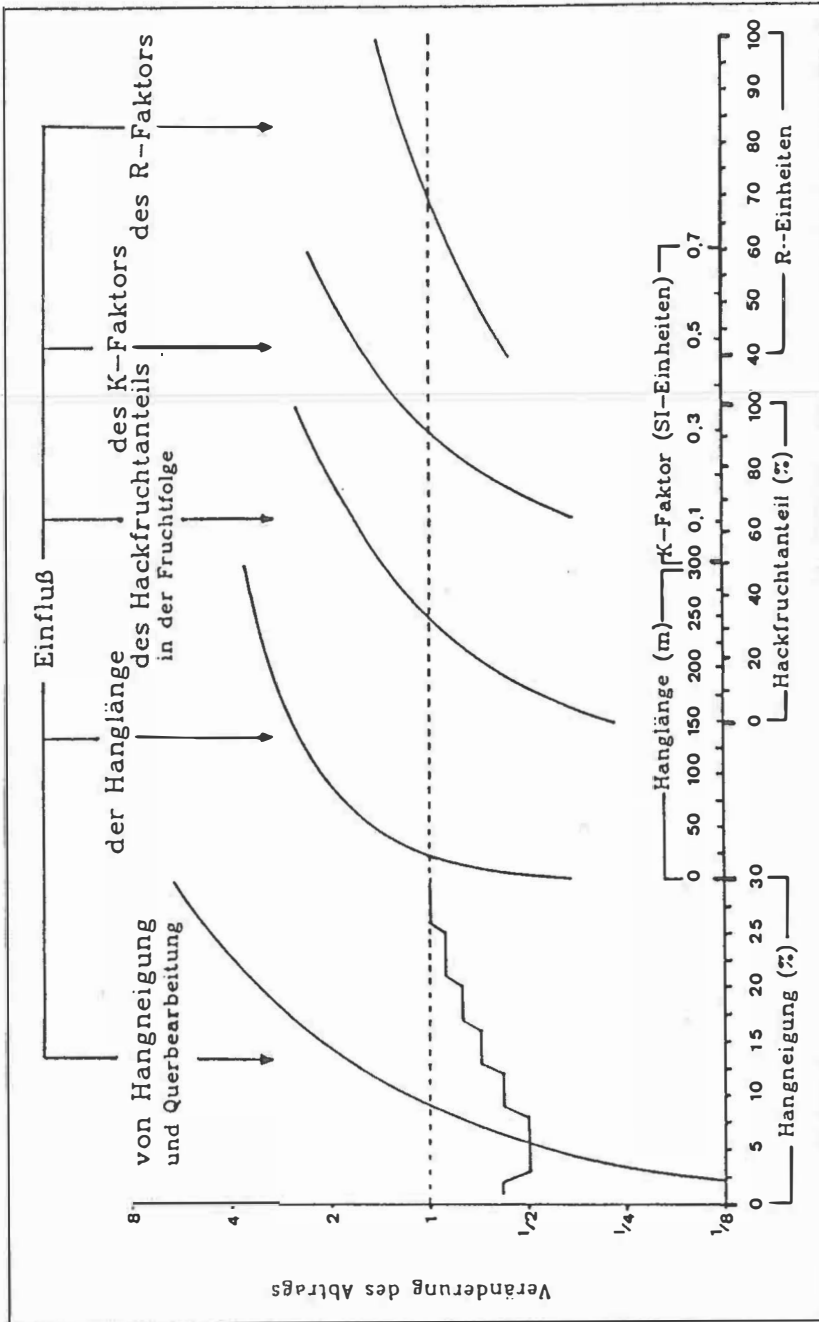


Abb. 1: Veränderung des Bodenabtrages bei Veränderung der Einflussfaktoren relativ zum Standardfall (9%, 1, 22 m, 33%, 0.3, 70 respektive)

Zu den einzelnen Faktoren ist folgendes zu sagen:

- Der Regenfaktor R ist der langjährige Durchschnitt aller Einzelregen pro Jahr. Der Regenfaktor ergibt sich für den Einzelregen aus seiner kinetischen Energie E_e (kJ/m^2) und seiner maximalen 30-Minuten-Intensität I 30 (mm/h)

$$Re = \frac{E_e \cdot I_{30}}{1000}$$

Schwierigkeiten für die exakte Feststellung des R-Faktors ergeben sich aus der Tatsache, daß nur wenige Klimastationen mit langjährigen Aufzeichnungen mittels Regenschreiber existieren. Entschärft wird diese Situation aber dadurch, daß Rogler und Schwertmann (18) eine enge Beziehung zwischen den R-Werten und den Sommerniederschlägen festgestellt haben. Diese Tatsache wird auch von den Untersuchungen in Schletz bestätigt. Siehe dazu auch Klaghofer und Grossauer (15).

Da wesentlich mehr Klimastationen mit einfachen, langjährigen Niederschlagsmessungen vorhanden sind, kann der R-Faktor praktisch für alle Gemeinden Niederösterreichs festgelegt werden, und wird dieser nach dem oben Gesagten in den meisten Fällen die erforderliche Genauigkeit (Abstufung von 10 Punkten gemäß dem bayrischen Handbuch) aufweisen.

- Der K-Faktor hängt von 5 Bodeneigenschaften ab:
 - a) vom Prozentgehalt an der Korngröße 0,002 bis 0,1 mm (Schluff und Feinstsand)
 - b) vom Prozentgehalt an der Korngröße 0,11 bis 2,0 mm (Sand)
 - c) vom Gehalt an organischer Substanz (in %)
 - d) von der mittleren Aggregatsgröße (in mm)
 - e) von der Permeabilität (in cm/Tag)

Dem K-Faktor liegt folgende Gleichung zugrunde:

$$K = 0,0277 \times M^{1,14} \times 10^{-4} \times (12 - \% \text{ organische Substanz}) + 0,043 \times (\text{Aggregatsklasse} - 2) + 0,033 \times (4 - \text{Permeabilitätsklasse})$$

M ist ein Körnungsindex, der sich ergibt aus:

$$M = \text{Gehalt (\%)} \text{ der Korngrößen } 0,002 - 0,1 \times (100 - \text{Gehalt (\%)} \text{ der Korngröße } < 0,002 \text{ mm})$$

Die erforderlichen Ausgangswerte für den K-Faktor liefert für die verschiedenen Bodenformen die Bodenkartierung. Mit Ausnahme des Feinstsandes werden durch Bodenuntersuchungen alle erforderlichen Werte routinemäßig erfaßt. Der Feinstsand kann nach Schwertmann (20) auch durch Schätzung aus der Sandfraktion abgeleitet werden.

An der Technischen Universität in München wurden auf verschiedenen Böden Beregnungsversuche vorgenommen. Diese Untersuchungen haben ergeben, daß bei Lößböden die berechneten K-Faktoren mit den bei Beregnungsversuchen gefundenen Werten gut übereinstimmen.

Bei Böden auf anderem Ausgangsmaterial sind teilweise größere Abweichungen zwischen den errechneten Bodenabträgen und den im Beregnungsversuch gemessenen festgestellt worden.

In Schletz wurden bei zwei Beregnungsversuchen auf tertiärem Ausgangsmaterial folgende Unterschiede zwischen Beregnungs- und Berechnungsergebnis festgestellt. Nach Klaghofer (14):

Bodenform Kurzbe.	Bodentyp und Ausgangsmaterial	K-Wert berechn.	K-Wert beregn.
t5	Kulturrohboden aus schweren kalkhaltigen Feinsedimenten	0,31	0,07
s3	Kulturrohboden aus kalkhaltigen Feinsedimenten (S)	0,33	0,51

Die errechneten Werte liegen aufgrund der später folgenden Genauigkeitsüberlegungen außerhalb der Toleranzgrenzen. Die K-Werte in diesen Bodenformenbereichen sind daher derzeit mit größerer Unsicherheit belastet.

Bis für österreichische Verhältnisse bessere Grundlagen vorliegen, muß sich die Praxis mit den Werten nach dem bayrischen Handbuch begnügen. Untersuchungen auf solchen Extremböden wären vordringlich in Angriff zu nehmen.

Nach Auerswald (4) bieten auch die Klassenbeschriebe der Reichsbodenschätzung (in Österreich Finanzbodenschätzung) eine Grundlage für die Abschätzung der K-Faktoren auf größeren Flächen. Auerswald hat die Zusammenhänge für den Großraum München—Augsburg untersucht und signifikante Beziehungen zwischen Klassenbeschrieb und K-Faktoren festgestellt. Die Anwendbarkeit der ermittelten K-Werte auch in anderen verwandten Landschaften wird vermutet.

- Da die Wirtschaftsweise in Bayern nicht wesentlich von jener in Österreich abweicht, sind von Berechnungsversuchen unter österreichischen Verhältnissen keine wesentlichen Änderungen der C-Faktoren zu erwarten. Darüber hinaus muß dieser Faktor auf größeren zusammenhängenden Flächen konstant gehalten werden, wenn die naturbedingte Erosionsanfälligkeit verschiedener Lagen verglichen werden soll. Hierbei ist die ortsübliche Bearbeitungsweise und Fruchtfolge zugrunde zu legen.
- Für die Ermittlung der C-Faktoren ist jedoch die Kenntnis über die Verteilung der Jahres-R-Werte in den einzelnen Vegetationsperioden erforderlich. Diese Jahres-R-Verteilung geht als sogenannter Erosionsindex in die C-Faktorberechnung ein. Um diese Grundlagen auch für Österreich zu schaffen, müßten genaue Untersuchungen des Niederschlagsgeschehens durchgeführt werden.
- Der Hanglängenfaktor L ist, wie aus dem Diagramm von Auerswald (Abb. 1) ersichtlich, im Bereich bis zu 80 m Hanglänge besonders sensibel. Hierauf ist bei der Klassenabstufung zur Charakterisierung der Erosionsgefahr Rücksicht zu nehmen.
- Der Hangneigungsfaktor S ist der sensibelste aller Faktoren. Das Gefälle bzw. die Hangneigungen müssen daher besonders genau erfaßt werden. Auerswald (3) hat anhand von 130 Berechnungsversuchen festgestellt, daß das Modell von Wischmeier und Smith sehr gut geeignet ist, um den Hangeinfluß zu erfassen.
- Was die Erosionsschutzmaßnahmen betrifft (P-Faktor), so besteht zwischen bayrischen und österreichischen Verhältnissen sicher kein Unterschied. Die Werte des bayrischen Handbuches können daher übernommen werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß das Bewertungsmodell von Wischmeier und Smith in der modifizierten Form des bayrischen Handbuches bei der Bewertung und Vorausschätzung des Bodenabtrages durch Erosion prinzipiell auch in Österreich angewendet werden kann und praktikable Ergebnisse liefert.

Da in Teilbereichen die Ausgangsdaten für die erforderlichen Faktorwerte entweder nicht vorliegen oder die berechneten Werte nicht mit den ermittelten Meßwerten genügend genau übereinstimmen, wäre es für die Praxis mittelfristig erforderlich, die einzelnen Faktoren und deren Berechnungsmodelle wissenschaftlich zu überprüfen und an die österreichischen Verhältnisse anzupassen.

3. Zur Herstellung von Erosionsgefährdungskarten

Im Rahmen des eingangs genannten Forschungsprojektes wurde mit dem an der Technischen Universität Wien, Institut für Photogrammetrie, vorhandenen Programmpaket SCOP (1) versucht, eine Methode für die Herstellung von Erosionsgefährdungskarten nach einem Vorschlag von Th. Dietz (11) zu entwickeln.

Als Grundlage dienen Infrarotluftbilder der Gemeinde Schletz, NÖ, im Maßstab 1:11.000 und ein digitales Höhenmodell basierend auf einem Rasterpunktabstand von 30 m.

Die Luftbilder wurden vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen hergestellt.

Da die Erosion bei der Flurbereinigung unter anderem über die Ackerlängen beeinflusst werden kann, wurde die UBAG so umgeformt, daß die Hanglänge L zur gesuchten Größe wird. Dazu mußten je nach Tiefgründigkeit der Böden die tolerierbaren Bodenabträge eingeführt werden, und zwar wurde A (tol) für die tiefgründigen Lößböden mit 10 t und für die seichtgründigen Böden auf terziären Ablagerungen mit 5 t festgelegt. Daraus ergibt sich die Formel

$$L = \frac{A \text{ (tol)}}{K \times S \text{ (R} \times C \times P)}$$

Um die Erodibilität der verschieden erosionsgefährdeten Lagen im Flurbereinigungsgebiet vergleichen zu können, wurden der R-Faktor und der C-Faktor konstant gehalten.

Der R-Faktor wurde auf Grundlage der langjährigen mittleren Sommerniederschläge (April bis Oktober) der Meßstation Oberleis wie folgt errechnet:

$$R = - 1,48 + 0,141 \times 348,25 = 47,62$$

Bei der Erosionsberechnung wurde der aufgerundete Faktor 50 verwendet.

Dem C-Faktor wurden die Kulturartenverteilung der Gemeinde Schletz, die ortsübliche Wirtschaftsweise sowie der Erosionsindex von Bayern zugrunde gelegt. Nach dem Bewertungsrahmen von Schwertmann (20) ergibt sich für die Gemeinde Schletz der C-Faktor mit 0,26.

Der P-Faktor wurde konstant mit 1 festgelegt, das bedeutet Bewirtschaftung in der Fallrichtung.

Von den beiden als variabel verbleibenden Faktoren wurde der S-Faktor über das digitale Höhenmodell (DHM) erfaßt. Die K-Faktoren wurden von der Bundesanstalt für Bodenkultur auf Grundlage der Bodenkartierung für 10 Bodenformen berechnet (Tabelle 1). Die K-Faktoren wurden in 6 Gruppen zusammengefaßt. A (tol) wurde nach dem bayrischen Handbuch festgelegt.

Bodentyp und Ausgangsmaterial		K-Faktor	generalis. K-Faktor	A (tol)
I3	Kulturrohboden aus Löß	0,5—0,59	0,54	10
K1	Komplex aus I3 und s3			
s3	Kulturrohboden aus kalkhaltigen Feinsedimenten (IS)	0,18	0,18	5
I5	Braunerde aus Löß	0,48	0,48	10
B1	kalkhaltiger Braunlehm aus reliktem Bodenmaterial (IT)	0,44		
T9	kalkfreier Braunlehm aus reliktem Bodenmaterial	0,43	0,44	10
b1	braunes Kolluvium			15
I9	Tschernosom aus kalkhaltigen Feinsedimenten über Kies und Schotter	0,37		
P4	kalkfreier Braunlehm aus reliktem Bodenmaterial	0,39	0,37	5
s5	LS-Braunerde aus kalkhaltigen Feinsedimenten	0,33		
t5	Kulturrohboden aus kalkhaltigen Feinsedimenten (tertiär L – LT)	0,36		
B3	kalkhaltige oder entkalkte LS-Braunerde aus terziären Feinsedimenten	0,24	0,24	5

Bodenerodierbarkeitsfaktor K

KG Schletz, NÖ

Bodenform	Anal. Nr.	Schluff 0,002-0,06 mm	Feinstsand 0,06-0,10 mm	Schluff + Feinstsand	Sand		Org.-Subst.	Agg.-Klasse	Perm.-Klasse	K-Faktor	Anmerkung <0,002 100-<0,002	
					0,06-2,0	0,10-2,0						
13 (+K 1)	1203	71	4	75	9	5	1,4	1	3 (4)	0,59	20	80
	1225	66	5	71	9	4	1,5	1	3 (4)	0,50	25	75
s 3	1231	69	3	72	8	5	1,2	1	3 (4)	0,54	23	77
	1247	20	7	27	68	61	0,8	1	4	0,18	12	88
19R	Beregn.-vers.	28	10	38		63	0,8	1	3	0,33		
	1205	15	1	16	74	73	0,7	1	4	0,08	11	89
t5(+t1)	1241	24	13	37	62	49	0,9	1	4	0,26	14	86
	1209	46	5	51	26	21	1,2	2	2 (3)	0,41	28	72
19	1244	45	6	51	11	5	1,4	3	2	0,36	44	56
	2470 (1982)	54	3	57	22	19	2,5	2	4	0,37	24	76
f 8	1221	62	3	65	7	4	1,8	1	3 (4)	0,40	31	69
l 5	1206	63	4	67	7	3	1,5	2	3	0,48	30	70
	1256	40	9	49	32	23	1,1	2	4	0,33	28	72
B 3	31	34	6	40	20	14	2,0	2	2	0,24	46	54
P 4	1903	43	4	47	37	33	1,2	2	3 (4)	0,39	20	80
	20	47	4	51	22	18	1,7	2	2	0,38	31	69
T 9	1234	46	5	51	19	14	0,9	3	2	0,43	35	65
B 1	1242	33	30	63	36	6	1,2	3	2	0,53	31	69
	1237	49	6	55	22	16	1,2	2	2	0,44	29	71

$$K = 0,0277 M^{1,14} \times 10^{-4} \times (12 - \% OS) + 0,043 (\text{Agg. } -2) + 0,033 (4 - \text{Perm.})$$

$$M = \% 0,002 - 0,1 \text{ mm} \times (100 - \% < 0,002 \text{ mm})$$

Tabelle 1

Abbildung 2 zeigt den Ausschnitt eines Orthophotos von Schletz.

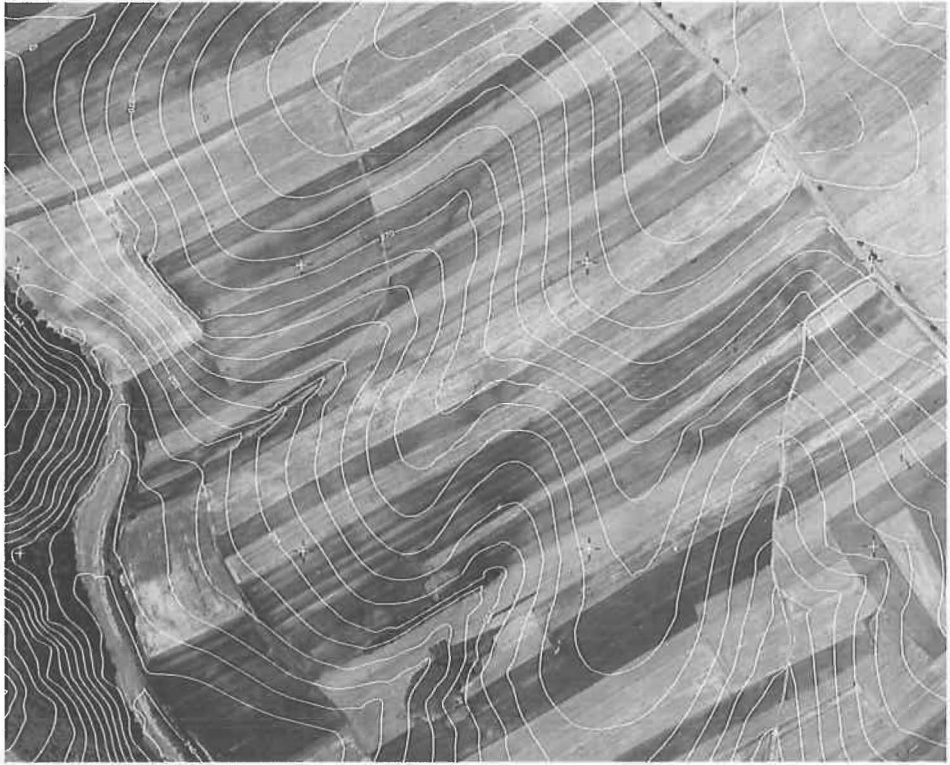


Abb. 2: Orthophotoausschnitt des Testgebietes Schletz

Photogrammetrische Daten:

Zeitpunkt der Luftbildaufnahme 3. Juli 1986, 10.51 bis 11.00 Uhr

Kammerkonstante 21 cm

Flughöhe 2300 m

Maßstab der Luftbilder ca. 1:11.000

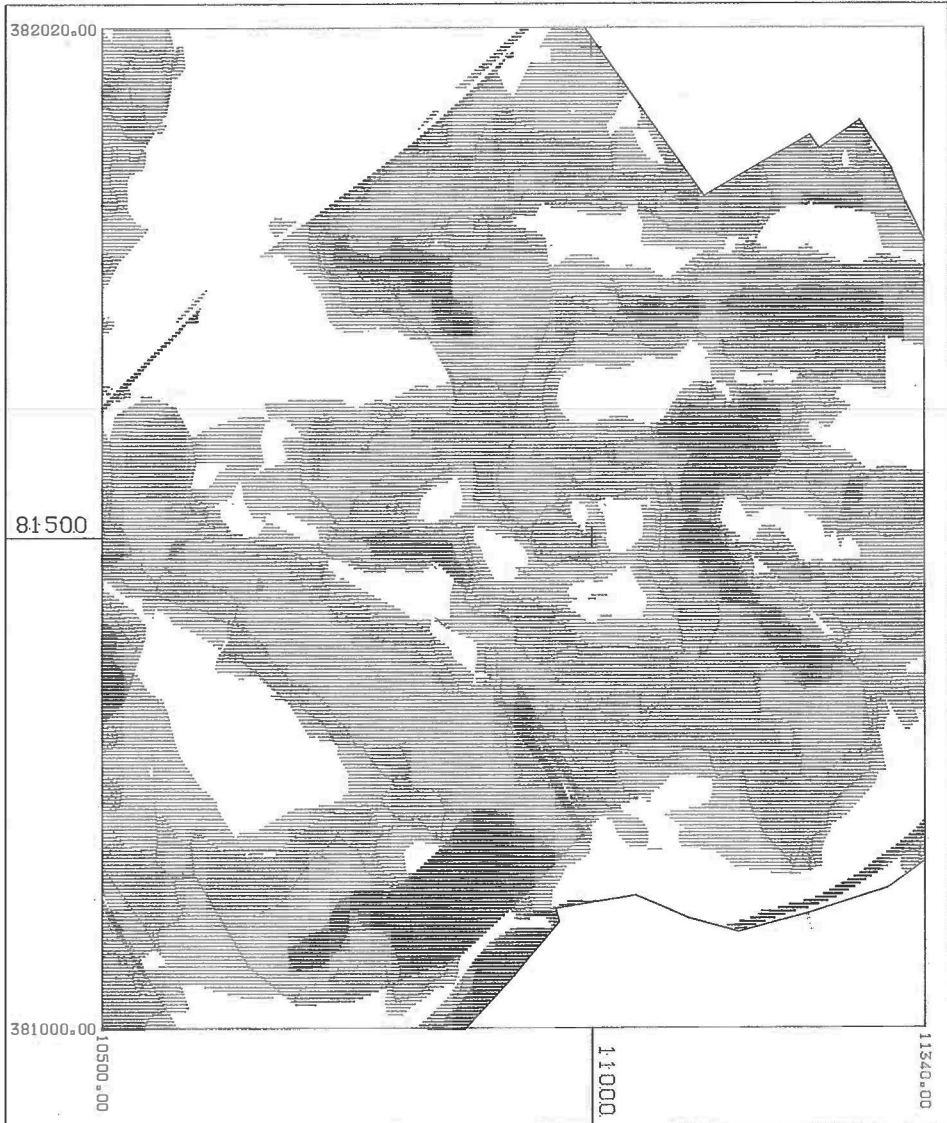
Maßstab des Orthophotos 1:2880

Farbinfrarotfilm

Die Höhenlinien mit einem Höhenabstand von 2,5 m geben eine gute Darstellung der Geländebeziehungen. Aus den Farb- und Strukturunterschieden können folgende Kulturarten identifiziert werden: 1 Winterweizen, 2 Sommergerste, 3 Mais, 4 Wald, 5 Böschungen.

Die Bodenverhältnisse mit den dazugehörigen K-Faktoren sind in Abbildung 3 dargestellt.

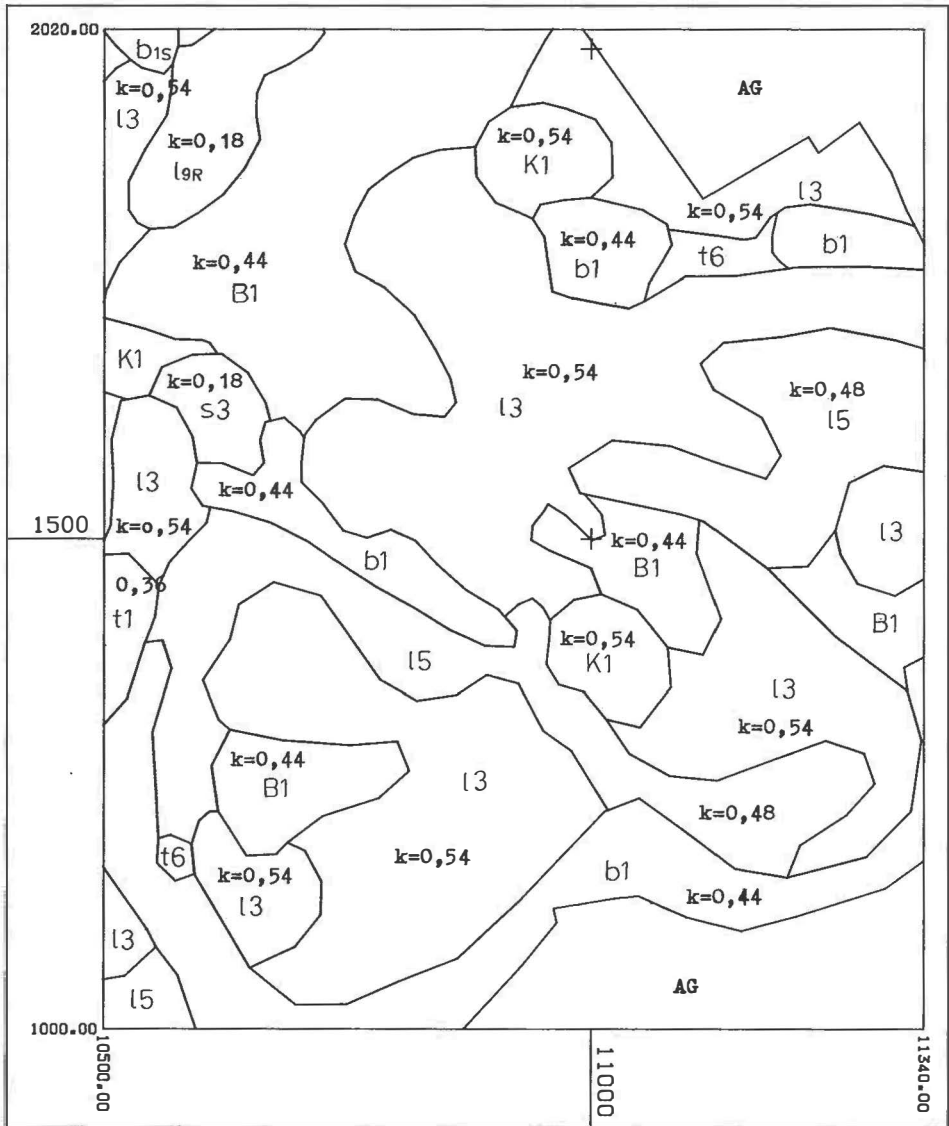
Diese Bodenkarte wurde digitalisiert, nach Ehgartner et al (12), über das Programm SCOP mit einem aus dem digitalen Höhenmodell abgeleiteten Neigungsmodell verknüpft und die Erosionsgefährdungskarte (Abb. 4) entwickelt.



AGRARBEZIRKSBEHOERDE
NIEDEROESTERREICH

Abb. 4: Erosionsgefährdungskarte

BODENTYPEN



AGRARBEZIRKSBEHOERDE
NIEDEROESTERREICH

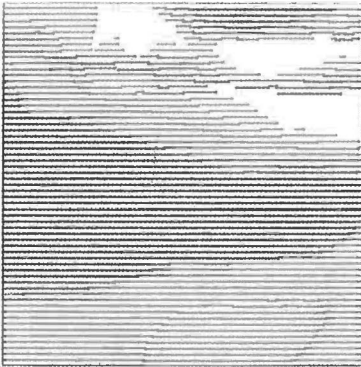
Abb. 3: Karte der Bodenformen und deren K-Faktoren (s. Tab. 2).

- l3 Kulturrohboden aus LÖB
- s3 Kulturrohboden aus kalkhaltigen Feinsedimenten (lS), A = 5 t
- K1 Komplex aus l3 und s3
- t5 Kulturrohboden aus kalkhaltigen Feinsedimenten, tertiär (L - IT), A = 5 t
- t6 Kulturrohboden aus kalkhaltigen Feinsedimenten, tertiär (lZ), A = 5 t
- t1 Komplex aus t5, t6 und s3, A = 5 t
- l5 Braunerde aus LÖB
- B1 Kalkh. Braunlehm aus reliktem Bodenmaterial (lT - T)
- b1 Braunes Kolluvium (sL), A = 15 t

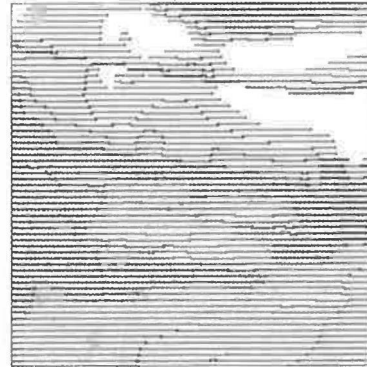
S... Sand L... Lehm T... Ton Z... Schluff

Tabelle 2:

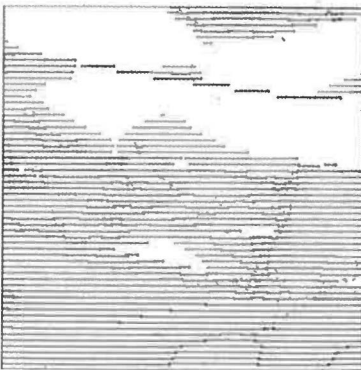
Bedeutung der K-Faktoren (A = 10 t, falls nicht anders angegeben)



Berechnung ohne Bruchlinien



Berechnung mit Bruchlinien



Berechnung mit versch. P-Faktoren



Orthophotoausschnitt dazu

MAX. TOLERIERBARE HANGLAENGE



UEBER 200 METER



100 - 200 METER



50 - 100 METER



20 - 50 METER



UNTER 20 METER

Abb. 5: Simulation mit verschiedenen Faktoren

Die einzelnen Hanglängenstufen können wie folgt interpretiert werden, wenn eine bestimmte Hanglänge unterstellt wird:

Abtragsgefährdung	tol. Hanglänge m	Bodenabtrag t/ha bei Hanglängen von 100 m	Bodenabtrag t/ha bei Hanglängen von 300 m
fast keine Erosion	über 200	unter 7	unter 11
leichte Erosion	100–200	7–11	11–17
mittlere Erosion	50–100	11–15	17–23
starke Erosion	20–50	15–22	23–34
sehr starke Erosion	unter 20	über 22	über 34

Solche Erosionsgefährdungskarten sind eine gute Grundlage für die Flurbereinigung, weil Ackerlängen, Ackerrichtungen, Kultivierungsmaßnahmen und Erosionsschutzmaßnahmen darauf abgestimmt werden können. Es können auch Geländekorrekturen simuliert werden (Abb. 5).

Erosionsgefährdungskarten eignen sich weiters als Anschauungsmaterial, um die Landwirte und Grundeigentümer für diese Problematik zu sensibilisieren. Die Auswirkungen verschiedener Fruchtfolgen und Bearbeitungsmethoden können dadurch veranschaulicht werden, daß Erosionsgefährdungskarten auf der Grundlage von verschiedenen C-Faktoren hergestellt werden.

4. Kritische Bemerkungen (Genauigkeitsüberlegungen und weitere Entwicklungsmöglichkeiten)

4.1. Höhenfehler und Neigungsfehler

Kiefer (13) schätzt die Neigungsgenauigkeit bei Gefällstufenkarten für die Flurbereinigung in Baden-Württemberg auf 1–2%. Diese Werte wurden empirisch ermittelt, indem der Raster des DHM ins Gelände übertragen wurde und man an diesen Punkten sowohl Messungen mit einem Freihandgefällsmesser als auch tachimetrische Höhenmessungen durchführte und daraus Neigungen ableitete.

Ein stichprobenmäßiger empirischer Vergleich der Höhenschichtenlinien und Gefällstufenkarten im Versuchsgebiet Schletz zeigte ähnliche Abweichungen.

Kraus (16) gibt einen Fehler der Höhenlinien, die durch Rasterpunktmessung berechnet wurden, mit 0,1 bis 0,15‰ der Flughöhe an. Damit ergibt sich für den Raum Schletz (hg = 2300 m) ein Höhenfehler von 23–34 cm.

Das allgemeine Fehlerfortpflanzungsgesetz, angewandt auf die Neigung als Funktion von 2 Punkten im Abstand von 30 m (dieser Abstand entspricht dem photogrammetrisch gemessenen Raster und ist ungefähr der Abstand bei der bisher erfolgten terrestrischen Neigungsermittlung), kombiniert mit den oben errechneten Höhenfehler als mittleren Fehler eines Punktes, führt zu einem Fehler von 1,5%.

Alle Ermittlungen und Versuche führen also zu einer Ungenauigkeit von 1–2%, es können daher die weiteren Überlegungen auf einen Neigungsfehler in dieser Größenordnung abgestimmt werden.

4.2. Das Verhältnis zwischen dem Neigungsfaktor und den übrigen Faktoren

K. Auerswald hat den Einfluß der einzelnen Faktoren auf das Ergebnis allgemein dargestellt (Abb. 1).

Für die typischen Lagen in Schletz ergeben sich folgende Beziehungen zwischen den einzelnen erosionswirksamen Faktoren.

Fall 1:

S = 15% L = 50 m LS = 3,3 R = 50 C = 0,25 A = 16,5 K = 0,40 dS = 1%
daraus folgt:

S = 16% L = 50 m LS = 3,6 R = 50 C = 0,25 A = 18,0 K = 0,40

Der selbe Abtrag ergibt sich bei der Änderung von jeweils einem Faktor auf folgende Werte:

S = 15% L = 60 m LS = 3,6 R = 50 C = 0,25 A = 18,0 K = 0,40

S = 15% L = 50 m LS = 3,6 R = 54,5 C = 0,25 A = 18,0 K = 0,40

S = 15% L = 50 m LS = 3,6 R = 50 C = 0,27 A = 18,0 K = 0,40

S = 15% L = 50 m LS = 3,6 R = 50 C = 0,25 A = 18,0 K = 0,44

Der Fehler von nur einem Prozent in der Neigung entspricht in diesem Fall einer Längenänderung von 20% bzw. einer Änderung der anderen Faktoren von 10%.

Fall 2:

S = 5% L = 200 m LS = 1,4 R = 50 C = 0,25 A = 7,0 K = 0,40 dS = 1%
daraus folgt:

S = 6% L = 200 m LS = 1,7 R = 50 C = 0,25 A = 8,5 K = 0,40

Der selbe Abtrag ergibt sich bei der Änderung von jeweils einem Faktor auf folgende Werte:

S = 5% L = 500 m LS = 1,7 R = 50 C = 0,25 A = 8,5 K = 0,40

S = 5% L = 200 m LS = 1,4 R = 60,7 C = 0,25 A = 8,5 K = 0,40

S = 5% L = 200 m LS = 1,4 R = 50 C = 0,30 A = 8,5 K = 0,40

S = 5% L = 200 m LS = 1,4 R = 50 C = 0,25 A = 8,5 K = 0,49

Der Fehler von nur einem Prozent in der Neigung entspricht in diesem Fall einer Längenänderung von 150% bzw. einer Änderung der anderen Faktoren von 21%.

Setzt man die mittlere Neigung eines Gebietes mit der Neigung der Versuchsanordnung von Wischmeier mit 9% und deren Fehler mit 1,5% an, so kann man die Fehlertoleranz der anderen Faktoren mit 20% ihres Wertes angeben, um das Gesamtergebnis durch derartige Generalisierungen nicht mehr zu beeinflussen als durch die Ungenauigkeit des Neigungsmodells. Berechnet man die Toleranz für eine Neigung von 15%, da größere Neigungen im allgemeinen unabhängig vom K-Faktor in die schlechteste Erosionsklasse fallen, kommt man auf eine erlaubte Abweichung der restlichen Faktoren von 15% ihres Wertes.

4.3.

Von allen Faktoren wirkt der tolerierbare Bodenabtrag am stärksten generalisierend. Es handelt sich hier um einen groben Schätzwert, der je nach Tiefgründigkeit der Bodenformen festgelegt wird. Das führt dazu, daß z. B. die Bodenform 15 (K = 0,48) die gleiche Erosionsgefährdung anzeigt wie die Bodenform B3 (K = 0,24) obwohl letztere mit 0,24 nur den halben K-Faktor aufweist.

Wenn die Karte der tolerierbaren Hanglängen auch ein Maß für den langjährig zu erwartenden Bodenabtrag sein soll, muß dieser ausgleichende Einfluß vermieden werden. Das ist dadurch erreichbar, daß nur ein einheitlicher tolerierbarer Bodenabtrag für alle Bodenformen festgelegt wird. Da Bodenformen mit niedrigen K-Faktoren in der Regel schlechtere Böden darstellen, die auf größeren zusammenhängenden Flächen einer anderen, meist hackfruchtärmeren Fruchtfolge unterworfen sind, könnte die aufgezeigte Beeinflussung des Ergebnisses durch die Einführung eines oder zweier weiterer C-Faktoren ausgeglichen werden.

4.4

Die Bodeneigenschaften wie z. B. Bodenart, Humusgehalt, Wasserverhältnisse, Bodenstruktur etc., aber auch die Bodentypen sind innerhalb einer Fläche nicht scharf abgrenzbar, d. h., es bestehen fließende Übergänge. Die Abgrenzungen der Bodenformen und Bonitätsklassen sind somit willkürlich und existieren in der Natur in der Regel nicht. Es ist daher eine Sache, für eine Bodenprobe den K-Wert mit großer Genauigkeit zu bestimmen – eine andere, weitaus schwierigere Sache ist es, die gleiche Genauigkeit für eine größere Fläche zu erreichen.

Aus Tabelle 1 geht hervor, daß manche Bodenformen (z. B. I 9 R) eine beträchtliche Variabilität aufweisen. Dasselbe trifft auch auf die Wertklassen bei Flurbereinigungen insbesondere dort zu, wo die Böden auf engstem Raum sehr stark wechseln, wie das bei tertiärem Ausgangsmaterial meistens der Fall ist. Aber auch die relativ einheitliche Bodenform der Lößrohböden (13) weist größere Schwankungen in der Korngrößenverteilung und somit beim K-Faktor ($K = 0,50-0,59$) auf.

Die Tatsache der K-Faktorenvariabilität innerhalb einzelner Bodenformen ist sicher auch darauf zurückzuführen, daß die Bodenformen nicht im Hinblick auf die unterschiedliche Erodibilität festgelegt wurden.

Die Darstellung und Abgrenzung der Bodenformen auf den Bodenkarten ist auf Grund des kleinen Maßstabes von 1:25.000 zu ungenau und daher für die Erosionsbewertung nicht direkt verwendbar.

Die Schwierigkeiten sind in der Praxis, z. B. im Zuge eines Flurbereinigungsverfahrens dann überwindbar, wenn die Bodenformen als Grundlage für die Klassifizierung verwendet werden.

Hiebei wäre wie folgt vorzugehen:

Die Bodenformen müssen entsprechend dem Verlauf in der Natur neu abgegrenzt werden. Gleichzeitig müssen die Bodenformenkomplexe soweit wie möglich in ihre Teilformen aufgelöst werden. Bei Vorliegen von geeigneten Orthophotos kann diese Arbeit erleichtert und verbessert werden. Weisen Bodenformen Unterschiede in jenen Bodeneigenschaften auf, die für den K-Faktor verantwortlich sind, so sind sie in Subformen zu unterteilen. Für diese Subformen sind die K-Faktoren durch zusätzliche Bodenuntersuchungen festzustellen.

Bei Bodenformen, deren größere Variabilität nicht mehr weiter in getrennte Subformen aufgelöst werden kann, ist es in der Praxis nur möglich, mit durchschnittlichen K-Faktoren zu rechnen, auch wenn die unter Punkt 2 angeführten Toleranzgrenzen überschritten werden.

Aufgrund der naturbedingten Variabilität der Böden, die praktisch aus Zeit- und Kostengründen nicht bis ins Detail erfaßbar ist, sowie der vorne angestellten Genauigkeitsüberlegungen ist es nur sinnvoll, die K-Faktoren in Abstufungen von 0,1 für die Herstellung von Erosionsgefährdungskarten zusammenzufassen.

4.5.

Der Erosionsschutzfaktor P schwankt nach Schwertmann (20) von 1–0,5 je nach der erosionsvermindernden Wirkung von Konturnutzung, Streifennutzung und Terrassierung. Da der Einfluß dieses Faktors auf den Bodenabtrag somit beträchtlich sein kann, entspricht die Vorgangsweise, diesen Faktor konstant zu halten, nicht den Naturbedingungen und ist daher unbefriedigend. Nach Einführung dieses Faktors ist eine wesentlich größere Differenzierung der Erosionsgefährdung erreichbar (Abb. 5).

4.6.

Bei der Ermittlung des R-Wertes wurde von der Überlegung ausgegangen, daß die Aggressivität bzw. Erosivität der Niederschläge im pannonischen Klimagebiet von Niederösterreich möglicherweise höher liegt als in Bayern. Es wurde daher der Zeitraum für die

Ermittlung der Sommerniederschläge mit April bis Oktober etwas länger angenommen, als im bayrischen Handbuch vorgesehen. Der auf diese Weise erhaltene Wert von 47,62 und der schließlich zur Berechnung verwendete von 50 ist immer noch um 7,4 bzw. um 5 Punkte niedriger als jener R-Wert, der sich aus elfjährigen Regenschreiberaufzeichnungen der Klimastation Retz ergibt.

Wenngleich die Genauigkeitsanforderungen erfüllt erscheinen, wäre zu überprüfen, ob es sich um einen Trend handelt, der für das ganze pannonische Klimagebiet gültig ist.

4.7. Bildmaterial und Bildmaßstab

Noch im Jahre 1988 soll ein bundesweiter Bildflug mit Infrarotfarbfilm durchgeführt werden. Man denkt dabei an einen Aufnahmemaßstab von 1:15.000.

Von seiten der NÖ Agrarbezirksbehörde wäre ein bundesweit einheitliches Bildmaterial eine ideale Voraussetzung zur Schaffung von digitalen Höhenmodellen und Folgeprodukten wie Erosionskarten. Wie die hier angeführten Abschätzungen zeigen, ist der Aufwand jedoch nur vertretbar, wenn das Neigungsmodell in einer Genauigkeit von unter 2% vorliegt.

Möglichkeiten der Befliegungsparameter:

Beispiel 1:	M 1:15.000	c 0,21	hg 3150 m
	Höhengenaugigkeit bei der Rastermessung	30–45 cm	
Beispiel 2:	M 1:15.000	c 0,15	hg 2250 m
	Höhengenaugigkeit	22–34 cm	
Beispiel 3:	M 1:12.000	c 0,15	hg 1800 m
	Höhengenaugigkeit	18–24 cm	

Für die Zwecke der Erosionskartierung wäre also ein Maßstab von 1:15.000 unter Verwendung einer Kamera mit 15 cm Brennweite eine durchaus zufriedenstellende Anordnung. Die Orthophotos werden meist im Maßstab 1:5000 hergestellt. Das ist auch der Maßstab für den Plan der gemeinsamen Maßnahmen und Anlagen im Agrarverfahren. Von solchen Orthophotos können auch noch Vergrößerungen etwa im Maßstab 1:2880 für Bewertungszwecke hergestellt werden. Eine fünffache Vergrößerung des Luftbildes ist für die Herstellung von guten Orthophotos ebenfalls gerade noch zulässig. Auch im Hinblick auf die Bodenbewertung sollte kein größerer Luftbildmaßstab zur Anwendung gelangen, da für die Beurteilung von bodenkundlichen und geologischen Zusammenhängen ein möglichst großer Überblick erforderlich ist. Die Verwendung einer Optik mit Bewegungskompensation wird die Höhenmeßgenauigkeit nur geringfügig verbessern, sicher aber die Qualität des Orthophotos.

4.8. Berechnung mit SCOP

Die bisherige Berechnungsart mit dem Programmpaket SCOP war relativ aufwendig und kostspielig, da sie immer nur für einen K-Faktor durchgeführt werden konnte. So mußten die dem jeweiligen Faktor zugehörigen Randlinien der Bodenformenkarte zum Datenbestand des Geländes eingelesen werden und die Höhen- und Neigungsmodelle für jeden K-Faktor getrennt berechnet werden. Erst das Zusammenkopieren der Einzelergebnisse ergab wieder eine flächenfüllende Karte. Gerade hier erfolgten im letzten Jahr entscheidende Erweiterungen im Programm SCOP. Es können nun Karten, die nur aus Randlinien bestehen, in ein Rastermodell umgeformt werden.

Dabei erhalten die umschlossenen Teilflächen einen beliebig anzugebenden, für die ganze Fläche konstanten Höhenwert Z. Im Falle der Bodentypenkarte entspricht dieser Wert dem K-Faktor. Aus dem so geschaffenen Linien-Rastermodell und einem anderen Geländemodell kann nun auch ein Differenzenmodell berechnet werden.

Nimmt man im Falle der Erosionsberechnung die Bodentypenkarte als erstes und das digitale Neigungsmodell als zweites Modell, so können diese beiden verschnitten werden. Das Ergebnis könnte wieder als modifiziertes Neigungsmodell aufgefaßt werden und mit einer digitalisierten Kartierung der Flächen verschiedener P-Faktoren kombiniert werden.

Leider ist jedoch derzeit nur die Differenzbildung zwischen den Modellen möglich. Eine Verknüpfungsvorschrift mit der Möglichkeit, beide Modelle mit einem Gewichtungsfaktor zu versehen und sie miteinander zu multiplizieren, wäre für viele Anwendungsbereiche eine entscheidende Hilfe zum Kombinieren von verschiedenen Einflußfaktoren. Falls diese Voraussetzung softwaremäßig gelöst ist, bietet das Anwenderprogramm Intersect von SCOP nicht nur die notwendige Bereicherung der Mitberechnung eines variablen P-Faktors, sondern auch eine bedeutende Arbeits- und Rechenzeitverkürzung.

4.9.

Die erste Erosionsgefährdungsklasse (Seite 7) mit einer tolerierbaren Hangneigung von über 200 m weist im Vergleich zu den übrigen Klassen eine zu große Spanne auf. In dieser Klasse sind Hangneigungen von 0 bis 6% bzw. bis zu 8,3% möglich. Für die Praxis ist in diesem Bereich sicher eine stärkere Differenzierung erforderlich, was durch Erweiterung des Schemas um wenigstens eine Klasse erfolgen könnte, sodaß die erste Gefährdungsklasse z. B. einer tol. Hanglänge ab 300 m, die zweite einer solchen von 200 bis 300 m entspricht. Die technischen Voraussetzungen hierfür sind gegeben.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend wird noch einmal festgestellt, daß das bayrische Handbuch für die Abschätzung der Bodenerosion grundsätzlich auch in Österreich anwendbar ist.

Da durch diesen Bewertungsrahmen in Teilbereichen die einzelnen Faktoren der UBAG für typisch österreichische Verhältnisse nicht mit der erforderlichen Genauigkeit erfaßt werden können, sollte der Praxis ein eigenes „Österreichisches Handbuch für die Erosionsbewertung“ zur Verfügung gestellt werden. Insbesondere müßten in einem eigenen Forschungsprojekt die Erodibilität bestimmter extremer Bodenformen erforscht und ein Nomogramm entwickelt werden. Gleichzeitig könnten die Niederschlagsverhältnisse untersucht und eine Isoerodentkarte hergestellt werden. Als Nebenprodukt der Erforschung der Niederschlagsverhältnisse würde auch der gebietsspezifische Erosionsindex anfallen, der als Grundlage für die Erarbeitung neuer C-Faktoren für verschiedene Fruchtfolgen dienen könnte.

Seit 1988 steht der NÖ Agrarbezirksbehörde die neue SCOP-Version mit Intersect zur Verfügung, und flächendeckend wird für ganz Österreich bald ein geeignetes Luftbildmaterial vorhanden sein. Damit haben sich die technischen Voraussetzungen zur Herstellung guter Erosionsgefährdungskarten bedeutend verbessert.

Um die technischen Möglichkeiten optimal nutzen zu können, müßte in der 3. Stufe des Forschungsprojektes „Die Luftbilddauswertung als Instrument bei der Ermittlung des Landwirtschaftlichen Produktionspotentials“ vom Institut für Photogrammetrie (Prof. Kraus), TU Wien, ein verbessertes Modell zur Berechnung und Herstellung von Erosionsgefährdungskarten entwickelt werden. Mit einem solchen Modell könnten alle für die UBAG relevanten Faktoren mit weniger Zeit- und Kostenaufwand verarbeitet werden.

Damit wäre in Kürze die Möglichkeit gegeben, für jede Gemeinde in den hügeligen Ackerbaugebieten die dringend erforderlichen Beratungs- und Planungsgrundlagen zur Verfügung zu stellen.

Literatur

- (1) *Assmus, E., A. Köstl, K. Kraus, L. Molnar und E. Wild*: Anforderungen an das digitale Höhenmodell aus der Sicht des Anwenders. AVN, Heft 8–9 (1982)
- (2) *Auerswald, K.*: Problematik von Prognosekarten; dargestellt am Beispiel von Übersichtskarten der Erosionsgefährdung in Bayern. Mitteilungen Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, 53, 13–19 (1987)
- (3) *Auerswald, K.*: Eignung der Hangneigungsfaktoren verschiedener Erosionsmodelle unter bayrischen Ackerbauverhältnissen. Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung, 27, 218–224 (1986)
- (4) *Auerswald, K.*: Einstufung der Bodenerodibilität (K-Faktor) nach dem Klassenbescrieb der Reichsbodenschätzung für Südbayern. Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung, 27, 344–351 (1986)
- (5) *Auerswald, K.*: Bestimmung der Bodengründigkeit aus dem Klassenbescrieb der Reichsbodenschätzung zum Festlegen von tolerierbaren Bodenabträgen (T-Wert). J. Agronomy and Crop Science, 158, 132–139 (1987)
- (6) *Auerswald, K.*: Wechselbeziehung zwischen Bodenfeuchte und Wassererosion. Kali-Briefe (Putenhof), 18 (2) 143–155 (1986)
- (7) *Auerswald, K.*: Sensitivität erosionsbestimmender Faktoren. Wasser und Boden, 1, 34–38, 1987
- (8) *Auerswald, K. und C. Wagner*: Die Erodibilität ausgewählter Böden der bayrischen Schichtstufenlandschaft. Z. Pflanzenernährung, Bodenkunde, 147, 765–776 (1984)
- (9) *Auerswald, K., M. Kainz, W. Vogl*: Vergleich der Erosionsgefährdung durch Maisfruchtfolgen (C-Faktor). Sonderdruck aus Bayrisches Landwirtschaftliches Jahrbuch, 63. Jahrg., Heft 1 (1986)
- (10) *Bader, S. und U. Schwertmann*: Die Erosivität der Niederschläge von Hüll (Bayern). (R-Faktor der Bodenabtragsgleichung nach Wischmeier). Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung 21, 1–7 (1980)
- (11) *Dietz, Th.*: Grundlagen und Entwurf einer Erosionsgefährdungskarte von Bayern. Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, 43/II, 833–840 (1985)
- (12) *Ehgartner, M., R. Kalliany und A. Stechauner*: Bodenerosionsgefährdungskarten als Planungsgrundlage in der Flurbereinigung. Z. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, 86. Jahrg. (Jan. 1988)
- (13) *Kiefer, L.*: Das digitale Geländemodell in der Flurbereinigung – Stand und geplante Entwicklung. Technik in Flurbereinigung und Siedlung, Fachtagung der Flurbereinigungsverwaltung Baden-Württemberg
- (14) *Klaghofer, E.*: Über den Einfluß der landwirtschaftlichen Maßnahmen auf den Oberflächenabfluß und den Bodenabtrag, Interpraerent, Graz (im Druck) 1988
- (15) *Klaghofer und Grossauer*: Unveröffentlichte Arbeit im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, 1987
- (16) *Kraus, K.*: Photogrammetrie, 2 Bde., Ferdinand Dümmler's Verlag, Bonn (1984)
- (17) *Oberholzer, G.*: Landschaftspflege in der Flurbereinigung, Teil II. Die Berücksichtigung der Bodenerosion durch Wasser in der Flurbereinigungsplanung. Schriftenreihe HSBw (1985)
- (18) *Rogler, H. und U. Schwertmann*: Erosivität der Niederschläge und Isoerodentkarte Bayerns. Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung, 22, 99–112 (1981)
- (19) *Schmidt, F. und O. Wittmann*: Einstufung der potentiellen Erosionsgefährdung mit Hilfe der ABAG auf der Grundlage der Bodenschätzung. DBG Mitteilung 39, 133–138
- (20) *Schwertmann, U.*: Die Vorausschätzung des Bodenabtrages durch Wasser in Bayern. TUMünchen, Eigenverlag
- (21) *Schwertmann, U., K. Auerswald und M. Bernhard*: Erfahrungen mit Methoden zur Abschätzung des Bodenabtrages durch Wasser. Geomethodica, 8. BGC, 8, 87–116 (1983)
- (22) *Uhling, J.*: Flurbereinigung – Planerische Überlegungen zur Vermeidung von Bodenerosion. Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung, 26, 257–264 (1985)
- (23) *Vogl, W. und H. Becher*: Schätzung der Erodibilität des Bodens (K-Faktor) aus der Körnungsansprache der Reichsbodenschätzung. Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung, 26, 179–183 (1985)
- (24) *Wischmeier, W. H. und D. D. Smith*: Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planing. US Department Agric., Handbook Nr. 537 (1978)