

# BODENEROSION, WINDEROSION UND BODENFRUCHTBARKEIT – EINE QUANTITATIVE NÄHERUNG MIT EPIC MODEL

G. Richter\* – G. Mezösi\*\*

Bei den Planungen und Entscheidungen, die mit der Landwirtschaft zusammenhängen, spielen die sich auf die zukünftige Bodenfruchtbarkeit beziehenden Schätzungen – von dem Niveau der Wirtschaftssacker bis zum Landesstand – eine bedeutende Rolle. Auf einer längeren Strecke kann die Bodenfruchtbarkeit vorwiegend durch die Wirkung der Bodenerosion nachlassen, aber die Beziehung zwischen ihnen ist noch nicht eindeutig definiert. Dieses Problem ist für Hügel- und Talgebiete besonders wichtig, da durch die Erosion ein bedeutender Anteil der Oberfläche bzw. des Agrargebietes berührt wird. In dem für Testgebiet dienenden Land (Rhein-Pfalz) und in Ungarn sind 40 bzw. 25% der Fläche (d.h. die Hälfte bzw. ein Drittel des Agrargebietes) durch Bodenerosion gefährdet. Eben deshalb ist die gemeinsame Simulation des Erosionsgrades und – damit übereinstimmend – der Größe der Pflanzenproduktion wichtig.

## Das EPIC Modell

Das EPIC (Erosion-Productivity Impact Calculator) Programm ist ein von *J. R. Williams* (1988) zusammengestelltes Modell, das für die Simulation der Boden- und Winderosionsergebnisse und auf Grund deren für die Schätzung des Durchschnittsertrags der Kulturpflanzen und des Anbaugewinns bestimmt ist. Sein Ziel ist die Ausbildung eines denartigen Flächenbenutzungssystems, das die Bodenfruchtbarkeit bewahrt und den größten spezifischen Ertrag sichert.

Das Modell schätzt die Erosion und die weiteren 40, die Entwicklung der Pflanzen beschreibenden Indexen mit physisch gut fundierten Parametern, es berechnet den optimalen Düngstoff- und Schutzmittelbedarf, sowie – einträglichkeit, die Wirksamkeit der Bewässerung und deren Kosten. Da die Erosion ein langsamer Proze ist, bedeutet einen großen Vorteil, das man die Simulation sogar für mehr Jahrhundert abführen kann.

Das EPIC bildet ein einheitliches System, aber seine Parameter und Berechnungsmethoden sind in 8 Einheiten zusammenfaßbar:

---

\* Universität Trier

\*\* Universität Szeged

### 1. Die allgemeinen Daten:

- Die Zahl der simulierten Jahre, der Anfangszeitpunkt
- Die Zahl der Fruchtfolgen
- Die Anführung des Ergebnisses – die durchschnittlichen Tages – Monats – und Jahreswerte.
- Die Qualität der eintretenden Daten – Durchschnittliche Tages – oder Monatswerte
- Die (Wasserspeicher) ausdehnung des Testgebietes – sie kann zwischen 0.1 und 100 ha stehen

### 2. Das hydrologische Teilmodell:

- Es simuliert die Menge des Abflusses und der maximalen Niederschläge, die Evapotranspiration, die Einsickerung, die Dynamik des Grundwasserspiegels usw.

### 3. Die Klimadaten:

- Das Modell ist zur Annahme der Maximum- und Minimumtemperatur sowie der Tagesdaten der Bestrahlung und des Niederschlags geeignet. Falls sie nicht vorhanden sind, schätzt es sie mit Hilfe der Monatsdurchschnittsdaten und ihrer statistischen Charakteristiken.
- In einigen optionellen Fällen sind auch die Werte der Windgeschwindigkeit und der relativen Feuchtigkeit nötig. Man kann außer der Erosionstärke des Wassers auch die des Windes berechnen (die wichtigsten eintretenden Angaben sind die Kurvenzahl des Abflusses, der Index der Bodenverlustgleichung von Onstad-Foster oder USLE, MUSLE, der Manningsche Rauwert).

### 4. Das EPIC modelliert die Gestaltung des N und P Haushaltes.

Es beschreibt den N-Kreislauf mit dem NO<sub>3</sub>-Inhalt des Abflusses, mit der durch die Bodenevaporation verursachten NO<sub>3</sub>-Bewegung, mit der N-Aufnahme der Pflanze, mit der Anbindung, mit der Denitrifikation usw.

### 5. Ein eigenes Teilmodell schätzt das Wachstumstempo der einjährigen und ausdauernden Pflanzen

(den Wurzelwuchs, die Sonnenaufnahme durch den Blattwuchs usw.).

### 6. Das EPIC ist zur Behandlung abwechslungsreicher physischen und chemischen Bodenanlagen fähig.

Das Bodenprofil ist maximal auf 10 Einheiten gegliedert zu kennzeichnen.

### 7. In dem agrotechnologischen Teil des EPIC kann man die Wirkungen und die Wirksamkeit des Kunstdüngers, des Pflanzenschutzmittels sowie der Bewässerung und der Bodenbearbeitung analysieren.

### 8. Die wissenschaftlichen Teile des Modells sind zur Berechnung der Kosten und des Gewinns der Pflanzenzucht geeignet.

Es gibt unter anderen eine Möglichkeit auf die Prüfung, welche Pflanzen und in welcher Rotation den größten Ertrag sichern können.

## Untersuchungsziele, Testgebiete

Das Programm ließen wir primär mit Testcharakter auf den Angaben eines Flach- und eines Hügellandes ablaufen. Aus diesen Testgebieten standen uns langfristige Klima-, Bodenerosion-, Anbau-, und Arotechnologieergebnisse zur Verfügung. Zum Hügelligen Testgebiet haben wir den Mertesdorfer Teil des Ruwertals bei Trier (BRD) gewählt, wo die Forschungsstelle Bodenerosion der Universität Trier seit 1975 kontinuierlich funktioniert (G. Richter 1979, 1982). Die Meßparzellen befinden sich hier auf dem SO-lichen Hang des stark zerstückelten, 200–300 m hohen Hügellandes. Die Hangneigung ist hier durchschnittlich 25%. An der Grenze der ozeanischen und feuchten kontinentalen Areale trägt infolge der Tallage auch sein Klima spezifische Züge. Das Gebiet ist durch eine ca. 9.8 °C Mitteltemperatur, ein hohes Feuchtigkeitsgrad und eine – in 30 jährigem Durchschnitt (mit großer Streuung) – 759 mm Niederschlagssumme gekennzeichnet, deren Intensität ein bischen hinter der in Ungarn zurücksteht. Auf dem oberen 1,5–2 m dicken Teil des Grundgesteins, des devonischen Schiefers wird schon seit etwa 25 Jahre Weinbau getrieben. Hier wollten wir grundsätzlich die Exaktheit der EPIC Bodenerosionsmessung kontrollieren, bzw. je mehr gemessene und gerechnete Ergebnisse vergleichen.

Das andere Testgebiet (Flachland) wurde westlich von Szeged (Süd Ungarn) festgesetzt. Hier auf dem Infusionsloß sind fruchtbare Boden mit gutem Wasserhaushalt zu finden, dessen Basis aus sandig-lößigen Ablagerungen besteht. Auf einem zur Aridität tendierenden Gebiet mit Kontinentalklima haben wir die realen und die mit EPIC Programm gerechneten Werte des Niederschlags, der Evapo-transpiration, der Winderosion, des Ertragsdurchschnitts und der Kosten vergleicht. Auf dem Testgebiet wurden seit 1980 Weizen, Mais, Paprika, Bohne angebaut, man versuchte auch ihre Rotation.

## Ergebnisse

Die Zusammenstellung der Inputdaten braucht selbst ein Sammel von Angaben (z.B. die angewandten Bodenbearbeitungsarten die chemischen Bodeneigenheiten) und Berechnungsaufgaben (z.B. die Verteilung der durchschnittlichen Minimal- und Maximalmonatstemperatur und die des Niederschlags, ihr „skew coefficient“ usw.). Es stehen uns einige daten für Europa mit weniger Detailliertheit zur Verfügung als für die USA und sie sind auch schwer zugänglich (z.B. 5–6 stündige Niederschlagsmaximen).

Anhand der Daten des Mertesdorfer Testgebietes haben wir eine 8 und eine 30 jährige Simulation durchgeführt. Bei der 8 jährigen haben wir die Daten des Tagesniederschlags verwendet, die Tagesstrahlung und – temperatur wurden durch das Programm selbst geschätzt. Die ausgewählten 8 Jahre – zwischen 1975–83 – haben eine relativ trockene Periode repräsentiert. Bei der 30 jährigen Simulation hat das

Modell die drei oben erwähnten Werte aus den Monatsdaten gerechnet. Von den Ergebnissen analysieren wir hier primär die sich auf die Bodenerosion beziehenden.

Nach unseren Feststellungen korrelieren die gemessenen und gerechneten Werte sowie bei der aus dem Niederschlag abfließenden Wassermenge, als auch bei dem abgetragenen Boden signifikant (Tab. 1.). Aus der Monatsgliederung kann man herauslesen, daß in den Sommer- und Wintermonaten die größeren Abflußwerte größer sind. Bei dem vorausgehenden kann die Niederschlagsintensität, bei dem späteren das Durchtränken des Bodens mit Wasser eine Rolle spielen. Der größte teil des Bodens - in Einklang mit den gemessenen Daten - wäscht sich in den Sommermonaten ab.

Die gemessenen und gerechneten Werte des Abflusses und der Bodenerosion auf dem Testgebiet bei Trier Tabelle 1.

	Abfluß (mm)		Bodenerosion (t/ha)	
	durchschnittliche Monatsdaten			
	gemessen 1975-82	gerechnet 8 Jahre	gemessen 1975-82	gerechnet 8 Jahre
Jan.	0.14	0.01	$3.18 \cdot 10^{-4}$	0
Feb.	0.04	0.40	$2.70 \cdot 10^{-4}$	0.008
Mar.	0.04	0.01	$1.83 \cdot 10^{-4}$	0
Apr.	0.02	0	$1.88 \cdot 10^{-4}$	0
Mai.	0.057	0.35	$1.21 \cdot 10^{-3}$	0.006
Jun.	0.196	0.25	0.027	0.007
Jul.	0.34	0.32	0.028	0.015
Aug.	0.39	0.63	$7.34 \cdot 10^{-3}$	0.020
Sep.	0.23	0.003	$4.49 \cdot 10^{-3}$	0.002
Okt.	0.24	0.10	$1.39 \cdot 10^{-3}$	0.002
Nov.	0.24	0.16	$1.15 \cdot 10^{-3}$	0.003
Dez.	0.31	0.42	$4.94 \cdot 10^{-4}$	0.007
	$r=0.48$		$r=0.51$	
	auf die Jahresdurchschnitte bezogen			

**Die gemessenen und gerechneten Werte** *Tabelle 2*  
**des Abflusses und der Bodenerosion in einer Verteilung nach Halbjahren (Mertesdorf)**

	Abfluß (mm)	Abtrag (t/ha)
<b>Winterhalbjahr</b>		
gemessen (1975 - 1982)	1.01	0.004
gemessen (1975 - 1988)	1.02	0.035
gerechnet (8 Jahre)	1.10	0.020
gerechnet (30 Jahre)	2.10	0.003
Korr. Koeffizient	0.46	0.19
<b>Sommerhalbjahr</b>		
gemessen (1975 - 1982)	1.23	0.068
gemessen (1975 - 1988)	2.75	0.142
gerechnet (8 Jahre)	1.55	0.050
gerechnet (30 Jahre)	0.56	0.041
Korr. Koeffizient	0.39	0.38

Unseren Erfahrungen nach beschreibt das Modell die Erosionsverhältnisse des Sommerhalbjahres genauer (Tab. 2). Die auf Grund der Tagesdaten der 8 Jahre durchgeführte Berechnung hat ein besseres Resultat ergeben, die auf dem Monatsdurchschnitt der 30 Jahre basierenden Daten – mit ihren den 10% überschreitenden Fehlern – sind mehr informativ. Es bedarf einer Erläuterung, auch was die nachfolgenden betrifft, was den größeren Unterschied der sich auf 1975–82 und 1975–88 beziehenden Werte motiviert. Das Modell reagiert besonders empfindlich auch auf die minimale Veränderung einiger der mehr Dutzende input EPIC Parameter. Aus dem Hinsicht des Abflusses sind solche Faktoren erstens die Temperaturdaten, bzw. ihre Verteilung, zweitens der Senkwinkel und schließlich der prozentuale Anteil der Bodenfragmenten aus dem Hinsicht der Abragung der Wischmeiersche C-Wert, die Verteilung der Temperatur – und Niederschlagswerte, sowie die SCS Kurvennummer. Das läßt vermuten, da bei nicht zu großem litologischen Unterschied die Erosionsprozesse in Mittel-Europa klimatisch und morphometrisch reguliert sind. Damit ist zu erklären, daß sich die auf den Tagesdaten der 1975–82 Jahre und den Monatsdaten der 1970–85 Jahre (zur 30 jährigen Simulation) gerechneten Parameter ein bischen voneinander unterscheiden. Die sich auf die Jahre 1975–88 beziehende Datenreihe ist nach dem Abschluß der Testierung erschienen (Richter, G. 1989.)

Das Ergebnis der mit dem EPIC Modell durchgeführten 8 und 30 jährigen Simulation

Tabelle 3.

Mertesdorf (Rebe)				
	gemessen	gerechnet		
		8 Jahre P-T	Tages- Penman	30 Jahre Penman
Niederschlag (mm)	593 (1970-85) 583 (1975-82)	583	583	581
Bodenerosion (t/ha)	0.072 (1975-82) <sup>MUSLE</sup> 0.178 (1975-88) <sup>AOE</sup> USLE	.07 .45 1.32	.19 .71 1.32	.04 .15 .45
Flächenabfluß (mm)	2.24	2.65	7.62	2.66
Neiderschlag Ener- giefactor (EI)	44.66 (1974-77)	26.16	26.16	15.50
Aktuelle Eva. (mm)	376.4 (1975-82)	389.8	269.2	392.4
Aktuelle Pflanzen- eva. (mm)		241.2	198.9	252.8
Durchschn. max. Monatslufttempera- tur (°C)	12.62 (1975-82)	12.62	12.62	14.04
Durchschn. min. Monatslufttempera- tur (°C)	5.27 (1975-82)	5.27	5.27	5.44
Wasserinhalt des Schnee (mm)	55.0 (1970-85)	52.15	52.15	69.63
Einsickerung (Per- colation) (mm)		90.95	176.6	109.47
Ertrag (t/ha)	2.12	1.91	2.26	2.24
C Faktor		0.10	0.10	0.10

Das EPIC-Modell bietet zwei Möglichkeiten zur Schätzung der potentiellen Evapotranspiration. Je nachdem, ob man die mehr bekannte Penman-Methode, oder

die Priestley - Taylor Approximation verwendet, wird der Verlauf der Berechnung unterschiedlich. Die letztere verlangt die Daten der Lufttemperatur sowie Sonnenstrahlung und braucht keine Angaben über die Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit. Wir haben bewiesen, daß man mit der P - T-Methode anfangend genauere Bodenerosion- und aktuelle Evapotranspirationwerte bekommt, seien sie auf dem Hügel- oder auf dem Flachland gemessen (Tab. 3.). Die Werte der Einsickerung und des Ertragsdurchschnitts, sowie die aktuelle Evapotranspiration scheinen innerhalb des Zulässigkeitsgrad zu bleiben, für den Abfluß und den EI-Wert bekommt man eine schwächere Schätzung.

Wenn man aber die Niederschlagsintensität ausführlicher analysiert (Tab. 4.A.), ist zu merken, daß die Ergebnisse des Winter- und Sommerhalbjahres ihrem Anteil nach gut sind. Die Tabelle 4. C. stellt eine Schwäche des Modells dar. Bis es auf dem Testgebiet schon durch 4 - 5 mm Niederschlag ein Abfluß induziert wird, zeigt das Modell nur bei einer im Winterhalbjahr den 7.5 und im Sommerhalbjahr den 16 mm überschreitenden Niederschlagsmenge einen Abfluß. Die Tatsache, da man für die Menge des Abtragsmaterials trotzdem eine gute Schätzung bekommt, ist dem intensiven, ausgiebigen und den 85 - 90% des Bodenabtrags verursachenden Regen zu verdanken.

Auf dem Testgebiet in der Umgebung von Szeged haben wir die durch das Modell angebotene Möglichkeiten ausgenutzt und die gerechneten und gemessenen (hier vor allem auf die Angaben von *Varga-Haszonits Z. 1977* und *Szász G. 1988* gestützt) potentiellen Evapotranspiration-, Niederschlag-, sowie die geschätzten und realen Ertragsdurchschnitte und Kosten vergleicht.

Das am wenigsten kontrollierbare Ergebnis bezieht sich auf die Erosionstätigkeit des Windes. In der Umgebung waren nämlich solche Messungen nicht erweisbar, *Borsy Z. (1973, 74)* teilt auch nur sich auf je einem Staubsturm beziehende, sehr verteilte Werte mit (3.2 t/ha, bzw. 8 - 500 kg/m<sup>2</sup>). Einen Anhaltspunkt hat die zwischen 1969 - 1980 in Szeged gemessene Staubsetzung bedeutet, die in den einzelnen Monaten auch den sanitären Grenzwert (12.5 g/m<sup>2</sup>) überstiegen hat und im Jahresmastab ca. 1,5 t/ha ausmacht. Durch die Vermutung einer Maisproduktion bzw. Mais-Weizenrotation sowie nur der wichtigsten Bodenbearbeitung ergab sich als Ergebnis der Simulation ein real scheinender 2 t/ha Jahreswert. Der entscheidende Teil des Bodenverlustes stammt aus der frühen Frühlingszeit, was auch die Feststellungen von *Borsy* bekräftigt.

In dem folgenden vergleichen wir zuerst die Werte der gemessenen und mit dem Modell gerechneten Klimafaktoren. Obwohl sich die Werte nach unseren Erfahrungen durch die Veränderung der Staatstruktur und der Anbauart nicht wesentlich modifizieren, haben wir mit den gleichen Inputdaten gearbeitet (20 jähriger Ablauf, bis zum Schluß eine Maisproduktion vermutend). Die *Tabelle 5.* gibt die gemessenen und simulierten Monatswerte der Sonnenstrahlung, der Mitteltemperatur, der Niederschlagsmenge, der effektiven und potentiellen Evapotranspiration an.

Die gerechneten und gemessenen Werte  
einiger Erosionsparameter

Tabelle 4.

A) EI (Par. 132-558)			
	gemessen	simuliert	
		8 Jahre	30 Jahre
Winterhalbjahr (1974 - 1977)	8.0	5.0	5.0
Sommerhalbjahr (1974 - 1977)	37.0	21.0	10.5
Jahresdurchschnitt (1974 - 7)	44.66	21.16	15.5

\* \* \*

B) Die Zahl der Niederschlagstage			
	gemessen	simuliert	
	1975-82	8 Jahre	30 Jahre
	138.83	138.83	89.33
	144.1 (1975-88)		

\* \* \*

C) Die Zahl der Abflußtage			
	gemessen	simuliert	
	1975-82	8 Jahre	30 Jahre
Durchschnitt	304	37	175
	38	6	5.8
	40.3 (1975-88)		
Winterhalbjahr		über 7.5 mm	über 10 mm
Sommerhalbjahr		über 16.0 mm	über 20 mm

\* \* \*

P132 (1975-1981.03.) = P558 (1981.03.-1982.31.12.)



Klimatische Ergebnisse der auf Grund der Daten Tabelle 5.  
des Szeged-Kiskundorozsmaer Testgebiets durchgeführten Simulation

Globalstrahlung (Ly)												
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
M	121	183	332	459	608	623	632	503	431	285	114	100
S	150	180	420	600	780	780	780	600	540	360	150	120
M = gemessene		4391 ly										
S = gerechnete		5610 ly										
Monatliche Mitteltemperatur (°C)												
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
M	-2.2	-4	4.8	11.2	16.4	19.8	21.8	21.1	17.2	11.1	5.5	0.9
S	-2.3	-1	7.2	9.6	15.8	18.4	22.0	20.1	15.8	12.8	5.0	0.4
M = gemessene Jahrestemperatur		10.6 (1970-85)										
S = gerechnete Jahrestemperatur		10.4										
Monatlicher Niederschlagswert (mm)												
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
M	22.6	22.2	31.1	43.2	58.3	79.4	48.5	69.3	28.2	37.7	33.5	32.5
S	19.9	18.6	32.7	35.9	44.8	85.3	42.6	88.6	26.8	25.4	39.1	33.4
N	21.0	15.2	33.2	30.7	51.1	84.5	46.7	80.2	28.0	28.1	34.8	34.6
M = gemessener Jahresniederschlag		491.5 mm (1970-85)										
S = gerechneter Jahresniederschlag		492.6 mm										
N = gerechneter J.niederschlag nach Tagesdaten		488 mm										
Reale Evapotranspiration (mm)												
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
M	0	1	22	52	90	106	100	79	59	46	16	2
S	5	10	25	34	48	91	123	79	32	17	6	4
N	13	16	29	36	59	136	137	80	29	15	11	11
M = gemessene Evapotranspiration (1951-70)		573 mm										
S = mit Penman-Formel gerechnete Evapotr.		474 mm										
N = mit Priestley-Taylor-Formel geschätzte Ev.		574 mm										

Potentielle Evapotranspiration (mm)												
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
M	0	1	22	53	98	124	145	127	83	46	16	2
S	6	15	52	95	152	158	169	133	125	89	10	5
M = mit Varga-Haszonits-Formel gerechnete potentielle Evapotranspiration											717 mm	
S = mit Priestly-Taylor-Formel gerechnete potentielle Evapotranspiration											1009 mm	

Das Modell überschätzt den realen Wert der Sonnenstrahlung. Der Unterschied ergibt sich wahrscheinlich daraus, daß das EPIC bei der Schätzung der Tagesdaten die Monatsstreuung der Bestrahlung auf die Tagesdaten überbringt. Es schätzt die monatlichen Mitteltemperaturen innerhalb einer 10%-igen Fehlergrenze, obwohl die 6 jährige Simulation ein genaueres Ergebnis zeigt. Die Werte des Monatsniederschlags werden auch innerhalb der vorher erwähnten Grenze angegeben, bis bei den Sommermonaten eine geringe Über-, bei den Wintermonaten eine geringe Unterschätzung nachweisbar sind. Das Ergebnis wird noch genauer, wenn man über den durchschnittlichen Monatsstreuungswert der Tagesniederschläge verfügt. Es ist festzustellen, daß man mit der P-T Relation der realen Evapotranspiration näher bringt als mit der Penman-Relation. Sie schätzt die potentielle Evapotranspiration schlecht.

Wir haben ins Modell die spezifischen Kosten aller agrotechnischen Operationen (Pflügen, Scheiben, Eggen, Sähen usw.) als Inputdaten eingebaut. Die Daten stammen von der LPG Kiskundorozsma und spiegeln die dortige wirtschaftlage. Mit Rücksicht auf die Saatgutkosten und den Verkaufspreis der Produkte (bzw. gegebenenfalls auf den Preis des Kunstdüngers, des Pflanzenschutzmittels und des Bewässerungswassers) rechnet das Programm darüber hinaus den totalen Kostenaufwand und Gewinn.

Wir haben auf die zwei wichtigen Pflanzen des Testgebietes, auf den Mais und den Weizen bezogen die Ertrags- und Gewinnschätzung durchgeführt und auch eine Rotationsalternative erprobt, um den Gewinn zu steigern. Die Ergebnisse sind in der *Tabelle 6* angeführt. Daraus kann man die nächsten Schlußfolgerungen ziehen:

- Das EPIC schätzt den Ertragsdurchschnitt real, der Fehler ist mit Ausnahme der 6 jährigen Simulation des Weizens unter 5%.
- Während der 20 jährigen Anlaufe haben wir jedesmal einen geringeren Ertragsdurchschnitt und einen geringeren Gewinn erreicht; da man mit keiner Minereraldüngung gerchnet hat, schließen wir daraus auf die Rückwirkung der fallenden Bodenfruchtbarkeit.
- Während der 6 jährigen Simulation war mit der Verwendung der nötigsten Kunstdüngermenge keine bedeutende Ertragssteigerung wahrzunehmen.

Kosten - und Gewinnberechnung mit EPIC Programm Tabelle 6.  
auf einem Testgebiet bei Szeged (S-Ungarn)

MAIS				
Sim. Jahr	Düngstoff	Ertragsdurchschnitt t/ha	Kosten 1000 Ft	Gewinn 1000 Ft
20	kein	5.37	107.8	8.06
6	kein	5.43	31.6	21.92
6	verwendet	5.49	33.7	21.98
4 (real)	verwendet	5.17	19.8	1.50
WEIZEN				
Sim. Jahr	Düngstoff	Ertragsdurchschnitt t/ha	Kosten 1000 Ft	Gewinn 1000 Ft
20	kein	3.86	88.6	1.47
6	kein	4.54	77.6	1.51
6	verwendet	4.66	79.3	1.55
3 (real)	verwendet	4.00	40.8	0.95
MAIS-WEIZEN ROTATION				
Sim. Jahr	Düngstoff	Ertragsdurchschnitt t/ha	Kosten 1000 Ft	Gewinn 1000 Ft
20	kein	M: 6.43	82.6	5.39
		W: 2.82		
6	kein	M: 7.00	82.4	5.87
		W: 3.08		

1984 = -18.1, 85 = -18.2, 86 = 8.6, 87 = 21.7

- Nach den Ergebnissen spiegelt sich die Wirkung der ein bischen abweichenden Bodenbearbeitung in der Produktionsfähigkeit der gut konditionierten Boden auf dem Testgebiet wider.
- Der effektive Gewinn war bei dem Mais größer, aber er gestaltete sich extrem. Es waren Jahre, als die Wirtschaft den simulierten Gewinn produzierte (das zeigt die Brauchbarkeit des Modells), aber es kamen auch solche Jahre, als – vermutlich wegen des spezifischen Reguliersystems – derselbe Mangel entstand.
- Ein bedeutender Gewinn ist mit der Mais-Weizenrotation bzw. mit dem Anbau von mehr Arbeit verlangenden Kulturen (Paprika, Bohne) zu prognostizieren.

### Das CREAMS Modell

Das CREAMS (Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems) Modell ist geeignet, die Abfluß-, Erosion-, Pflanzenschutzmittel-, und Kunstdüngerbenutzungsverhältnisse einer nicht größeren als 50 ha Fläche zu simulieren. Die erste Version stammt von dem Bodenschutzdienst der USA (1979). Wir haben hier die 1.8 Variation Aachener Hydrotec Firma (1985) verwendet (*Knisel, W. G. – Still, D. A. 1985*). Das Programm besteht aus 3 Teilen:

- a, Das hydrologische Teilmodell – Die Modellierung der Abfluvverhältnisse
- b, Das Erosionsteilmodell – die Berechnung und Qualifizierung der abgetragenen Materialmenge
- c, Das chemische Teilmodell – Die Analyse der Pflanzenschutzmittel- und Kunstdüngerbenutzung

Das Modell kann 8–8 Variationen der Gebietbenutzung und der Bearbeitungsarten in Betracht ziehen.

Während der Untersuchungen haben wir das Programm auf den Daten der Forschungsstelle Bodenerosion Mertesdorf ablaufen lassen. Das primäre Ziel der für 8 Jahre bestimmten Simulation war, die Sicherheit der Methode – auf einem Testgebiet mit spezifischen Anlagen – zu untersuchen, die gemessenen Daten mit den gerechneten zu vergleichen. Das Programm macht aus den eintretenden hydrologischen Daten einerseits ein sog. hydrologisches „report file“, worin es die hydrologischen Ergebnisse tabelliert, andererseits speichert es alle zur Erosionsberechnung nötigen hydrologischen Niederschlagsdaten in einem sog. „pass file“. Die Erosion wird danach mit der Hilfe der eintretenden Erosionsdaten und des hydrologischen „pass file“ gerechnet. Man bekommt als Ergebnis – ähnlich wie im vorhergehenden ein erosives „report file“ bzw. ein chemisches „pass file“.

## Die Ergebnisse

Mit der Verwendung der 8 jährigen Tagesniederschlagsdaten haben wir das CREAMS Modell auf die Gelände-, und Bodendaten einer 100 m<sup>2</sup> großen Mertesdorfer (Trier) Testparzelle gebraucht. Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich mit SW-Exposition und einer durchschnittlich 20% Hangneigung auf devonischem Schiefer, als Grundgestein, ist von einer 1-1,5 m dicken Braunerde bedeckt und schon seit 25 Jahre als Weinbau-Areal benutzt.

CREAMS (Trier) Rebe

Tabelle 7.

	ABFLUß		ABTRAG		NIEDER- SCHLAG
	gemessen (inch)	gerechnet	gemessen (t/acre)	gerechnet	gemessen (inch)
1975	0.175	0.014	.174	0.01	21.16
1976	0.174	-	0.007	-	13.42
1977	0.139	0.036	0.017	0.02	27.45
1978	0.025	0.025	0.005	0.02	21.58
1979	0.100	0.166	0.004	0.07	27.65
1980	0.056	0.179	0.002	0.06	27.12
1981	0.115	0.311	0.020	0.10	30.53
1982	0.020	-	0.002	-	19.27
$\Sigma$	0.704	0.731	0.231	0.28	187.80
$\bar{n}$	0.088	0.091	0.029	0.035	23.46
% diff.	3.7		17.5		

Die Ergebnisse zeigen zwischen dem gemessenen und gerechneten Abfluß sowie Abtrag keine wesentliche Unterschiede (Tab. 7.), aber es ist eindeutig, daß die Schätzung des Abflusses das kleinere Problem bedeutet. Der augenfällige Fehler des Abtrags kann durch die extremen Verhältnisse begründet werden. Unseren Erfahrungen nach ist das Programm auch für andere Hügelländer leicht anwendbar. Es gibt ein viel einfacheres Ergebnis als das EPIC Modell und es erweist auch mit der Verwendung weniger Zusammenhänge eine innerhalb des Zulässigkeitsgrades steckende Fehlerhäufigkeit. Das Modell ist zwar physisch wohl fundiert und man kann prinzipiell

von der Kalibrierung absehen, es ist trotzdem empfohlen, die SCS-Kurvenzahl, eine der empfindlichsten Parameter, mit Messung zu präzisieren.

Das Modell reagiert sehr empfindlich noch auf die Veränderung der Niederschlagsmenge, auf die schon erwähnte SCS-Kurvenzahl und auf den Manningschen N-Wert. Die Verwendung wird bedeutend erschwert – obwohl man relativ wenig und bekannte Inputdaten braucht – dadurch, daß das Programm alle Werte nach englischem Maßsystem berechnet. Wenn man das EPIC und CREAMS Modelle vergleicht, ist festzustellen, das erste mehr auf den meteorologischen, Boden- und Bearbeitungsdaten, bis das CREAMS vor allem auf morphometrischen Informationen basiert. Unseren Erfahrungen nach schätzt aber das mehr Arbeit verlangende EPIC die Erosionsparameter auch unter extremen Verhältnissen zuverlässiger.

## Literatur

- BORSY Z. (1973): *A magyarországi futóhomok területek lösz-, homokos lösz és löszös takarója*. Földrajzi K. 1973. 2. pp. 181–184.
- BORSY Z. (1974): *A szélerózió vizsgálatának újabb eredményei a magyarországi futóhomok területeken*. Földrajzi Értesítő 1974. 2. pp. 227–230.
- KNISEL, W. G. – STILL, D. A. (1985): *Creams: a field scale model for chemicals runoff and erosion from agricultural management systems*. Conservation Research Report N. 26. USDA – ARS-SEWRL, Tifton, p. 634.
- RICHTER, G. (1979): *Bodenerosion in Reblagen des Moselgebietes*. Forschungsstelle Bodenerosion Mertensdorf Heft 3. Trier, 1979. p. 62.
- RICHTER, G. (1982): *Quasinatürliche Hangformung in Rebsteilhangen und ihre Quantifizierung*. Zeitschrift für Geom. 43. pp. 41–54.
- RICHTER G. (1989): *Vine-growing and soil erosion in the Mosel-Region*. Geoöko Forum 1. pp. 109–119.
- SZÁSZ G. (1988): *Agrometeorológia*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest p. 462.
- VARGA – HASZONITS Z. (1977): *Agrometeorológia*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest p. 224.
- WILLIAMS, J. R. – JONES, C. A. – DYKE, P. T. (1987): *EPIC Model. Contrib. from US DA. Agricultural Research Service* p. 75.