

PHYSIOGEOGRAPHICA
BASLER BEITRÄGE ZUR PHYSIOGEOGRAPHIE

Band 43

Bodenerosionsmodellierung in verschiedenen Skalen

**Modellvergleiche und Praxistauglichkeit am Beispiel von zwei Einzugsgebieten
im Baselbieter Tafeljura (Kanton Basel-Landschaft/Schweiz)**

mit 79 Abbildungen, 21 Tabellen

von

Stefan Meier

Bodenerosionsmodellierung in verschiedenen Skalen

Modellvergleiche und Praxistauglichkeit am Beispiel von zwei Einzugsgebieten im Baselbieter Tafeljura (Kanton Basel-Landschaft/Schweiz)

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Verzeichnis der Abbildungen	IV
Verzeichnis der Tabellen	VI
Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen	VI
Vorwort und Dank	VII
1 Einleitung	1
1.1 Bodenerosions- und Stoffhaushaltsmodellierung in Agrarlandschaften	1
1.1.1 Das Umweltproblem Bodenerosion	1
1.1.2 Methoden und Modellansätze	2
1.1.3 GIS-Einsatz in der Modellbildung	4
1.1.4 Modellbildung und Visualisierung	4
1.2 Bodenerosions- und Stoffhaushaltsforschung am Geographischen Institut der Universität Basel	5
1.2.1 Stand der Arbeit innerhalb der Forschungsgruppe Bodenerosion des Geographischen Institutes der Universität Basel	6
1.2.2 Bisherige Erkenntnisse der Feldbeobachtungen der FBB und Schlussfolgerungen für die vorliegende Arbeit	7
1.3 Zielsetzung der Arbeit	8
1.3.1 Arbeitshypothesen	10
1.3.2 Methodisches Grundkonzept	12
2 Der Untersuchungsraum	16
2.1 Naturräumliche Einordnung und geologische Verhältnisse	17
2.2 Hydrologische, geomorphologische, pedologische und klimatische Verhältnisse	18
2.3 Landwirtschaftliche Nutzung der Untersuchungsgebiete	20
2.3.1 Veränderungen der landwirtschaftlichen Nutzung in den Untersuchungsgebieten 1985-1999	21
3 Methodik	22
3.1 Messungen und Beobachtungen im Feld	22
3.1.1 Felddatenerfassung als Grundlage für die Modellbildung	22
3.1.2 Erosionstestparzellen T30 und T50	22
3.1.3 Niederschlag	23
3.1.4 Gebietsabfluss	24
3.1.5 Drainagen	26
3.1.6 Bodenfeuchte	28
3.1.7 Landnutzungskartierung	31

3.1.8 Feststoffhaushalt.....	31
3.1.9 Die Bestimmung des organischen Kohlenstoffes.....	32
3.1.10 Erosionsschadenskartierungen.....	33
3.2 Modellansätze in verschiedenen Dimensionen.....	33
3.2.1 Ein dynamisches, empirisches GIS-gestütztes Feststoffmodell (ESSEM).....	33
3.2.1.1 Ausgangslage für die Modellentwicklung.....	33
3.2.1.2 Die verwendeten Eingangsgrößen und ihre Herleitung.....	36
3.2.1.3 Modellbildung.....	39
3.2.2 Das ereignisbezogene deterministische Einzugsgebietsmodell E2/3D.....	45
3.2.2.1 Die Modellgrundlagen.....	46
3.2.2.2 Die verwendeten Eingangsgrößen und ihre Herleitung.....	47
3.2.2.3 Kalibrierung und Validierung.....	53
3.2.3 EPIC: Ein Modell zur Abschätzung von langjähriger Erosionsgefährdung und Stoffauswaschung.....	55
3.2.3.1 Die verwendeten Eingangsgrößen und ihre Herleitung.....	58
3.2.3.2 Kalibrierung und Validierung.....	62
3.3 Visualisierung als partizipative Methode zur nachhaltigen Landschaftsplanung.....	66
3.3.1 Visualisierung von Teilergebnissen der Modellbildung.....	67
3.3.2 Die Zukunft einer Landschaft.....	69
4 Ergebnisse.....	71
4.1 Daten der Messungen und Beobachtungen im Feld (Hydrologische Jahre 1997-1999).....	71
4.1.1 Niederschlag.....	71
4.1.2 Verdunstung.....	72
4.1.3 Gebietsabfluss.....	73
4.1.4 Drainagen.....	74
4.1.5 Bodenfeuchte.....	76
4.1.6 Wasserbilanz in den hydrologischen Jahren 1997-1999.....	77
4.1.7 Ergebnisse stoffhaushaltlicher Messungen in den Jahren 1997-1999.....	77
4.1.8 Erosionsschadenskartierungen.....	82
4.1.8.1 Anzahl und Verteilung der Erosionsereignisse.....	82
4.1.8.2 Art, Entstehungsursachen und Verteilung der Erosionsformen.....	85
4.1.8.3 Bodenabtragsmengen.....	87
4.1.8.4 Akkumulation und Off-Site-Schäden, Übertritte.....	88
4.1.8.5 Erosion und Landnutzung im EZG Länenbach.....	88
4.2 Ergebnisse der Erosionsmodellierungen.....	90
4.2.1 Ein einfaches GIS-gestütztes Modell zur Bestimmung der beitragenden Flächen in chorischer Dimension im Einzugsgebiet Länenbachtal.....	90
4.2.1.1 Kleinsteinzugsgebiete (Subbasins) im Länenbachtal.....	90
4.2.1.2 Präferentielle Fliesspfade des Oberflächenabfluss.....	92
4.2.1.3 Identifikation von Übertrittsstellen.....	93
4.2.1.4. Klassierte Übertrittsstellen.....	94
4.2.1.5 Schadenskarten und Modellsimulation.....	95

4.2.2 Erosionssimulation von Starkniederschlagsereignissen im Einzugsgebiet Riedmattbachtal	96
4.2.2.1 Simulationsergebnisse und Vergleich mit Feldmessungen	96
4.2.2.2 Extremniederschlagsereignis mit Erosion 3D	100
4.2.3 Langfristsimulation von Erosion und Auswaschung auf Schlagebene unter verschiedenen Nutzungs- und Bearbeitungsvarianten mit EPIC.....	101
4.2.3.1 Das Einzugsgebiet Länenbachtal.....	102
4.2.3.2 Das Einzugsgebiet Baldeggersee.....	111
4.2.4 Visualisierung als Partizipationsinstrument	113
4.2.4.1 Visualisierung von Erosionsereignissen und berechneten Fließpfaden ...	113
4.2.4.2 Visualisierung von Planungsvarianten für eine nachhaltige Landnutzung	115
5 Diskussion	117
5.1 Diskussion der Arbeitshypothesen	117
5.2 Vergleich der verschiedenen Modellansätze	120
5.2.1 Skalenproblematik.....	121
5.2.2 Einfluss ausgewählter Parameter auf die Modellergebnisse	123
5.3 Eignung der Modelle als Planungsinstrument in der Praxis.....	124
5.3.1 Praxistauglichkeit	124
5.3.2 Planungskarten und Visualisierung als Anwendungs- und Umsetzungsinstrument	124
5.3.3 Erosionsschutz als Landschaftsschutz.....	125
6 Schlussbetrachtung	127
6.1 Haupteckdaten der Arbeit	127
6.2 Schlussfolgerungen für die Modellbildung in der Landschaftsökologie.....	129
6.3 Perspektiven und Ausblick	132
7 Zusammenfassung	133
8 Literaturverzeichnis	135

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1-1: Übersichtskarte.....	7
Abbildung 1-2: Regelkreis der Bodenerosion.....	13
Abbildung 2-1: Ausschnitt aus der Landeskarte.....	16
Abbildung 2-2: Geologisches Querprofil durch das Länenbachtal.....	17
Abbildung 2-3: Hangneigungsverhältnisse im Einzugsgebiet des Länenbachs.....	19
Abbildung 2-4: Hauptbodenformen des Länenbachtals.....	20
Abbildung 3-1: Erosionstestparzelle T50 im Länenbachtal.....	23
Abbildung 3-2: Elektronische Regenwippe und HELLMAN-Regenschreiber.....	24
Abbildung 3-3: Abflussmessstation P50 im Länenbachtal.....	25
Abbildung 3-4: Karte der Drainagerohre im Länenbachtal.....	26
Abbildung 3-5: Messanordnung am Drainrohr DC.....	27
Abbildung 3-6: TDR-Prinzip.....	29
Abbildung 3-7: Anordnung der TDR-Messsonden.....	29
Abbildung 3-8: TDR-Messanlage an der Testparzelle T50 (Länenbachtal).....	30
Abbildung 3-9: Arbeitsschritte der Schwebstoffbestimmung.....	32
Abbildung 3-10: Bodenerosionsgefährdungskarte.....	35
Abbildung 3-11: Beispiel für den D8-Algorithmus.....	36
Abbildung 3-12: Ausschnitt aus dem EZG Länenbachtal (Höhenschichten DHM 25).....	38
Abbildung 3-13: Ausschnitt aus dem EZG Länenbachtal (Landnutzungsparzellen).....	38
Abbildung 3-14: Ablaufschema des Modells ESSEM.....	39
Abbildung 3-15: Digitales Höhenmodell des Länenbachtals.....	40
Abbildung 3-16: Einzugsgebiet des Länenbachtals. Fließspfade exkl. Strassen.....	41
Abbildung 3-17: Einzugsgebiet des Länenbachtals. Fließspfade inkl. Strassen.....	42
Abbildung 3-18: Übertrittstellen von Oberflächenabfluss und Feststoff.....	43
Abbildung 3-19: Schematische Darstellung der Ein- und Ausgabefunktionen von E3D.....	48
Abbildung 3-20: Verteilung der Ackerschläge im Riedmattbachtal.....	49
Abbildung 3-21: Verteilung der Bodenformen im Riedmattbachtal.....	51
Abbildung 3-22: Bearbeitung der Reliefparameter im E3D-Präprozessor.....	52
Abbildung 3-23: Agrarpolitik 2000.....	56
Abbildung 3-24: Einzugsgebiet des Baldeggersees.....	57
Abbildung 3-25: EPIC Systemfile-Struktur.....	58
Abbildung 3-26: Beispiel für einen Inputdatensatz.....	59
Abbildung 4-1: Niederschlag im Länenbachtal.....	72
Abbildung 4-2: Monatliche Verdunstungssummen.....	72
Abbildung 4-3: Monatliche Abflussmengen des Länenbachtals.....	73
Abbildung 4-4: Vergleich der Schwebstofffrachten von Drainrohr und Länenbach.....	75
Abbildung 4-5: Vergleich der Schwebstofffrachten von Drainrohr und Länenbach.....	75
Abbildung 4-6: Bodenfeuchtenverhältnisse an der Testparzelle T50.....	76
Abbildung 4-7: Monatliche Wasserhaushaltsbilanz für das Länenbachtal.....	77

Abbildung 4-8: Jahresfrachtvergleich des organischen Kohlenstoffes.....	79
Abbildung 4-9: Darstellung aus der Messreihe der Messsonde YSI 6000XL.....	81
Abbildung 4-10: Höhe des Jahresniederschlages im EZG Länenbach.....	83
Abbildung 4-11: Menge und Intensität erosiver Niederschlagsereignisse.....	83
Abbildung 4-12: Ausschnitt der Schadenskartierung im EZG Länenbach.....	84
Abbildung 4-13: Bodenabtrag und Anzahl der Erosionsformen im EZG Länenbach.....	85
Abbildung 4-14: Rillenerosion im Länenbachtal.....	86
Abbildung 4-15: Überlagerung aller kartierten Erosionsformen und Übertrittstellen.....	87
Abbildung 4-16: Jährliche kartierte Bodenabtragsmengen im EZG Länenbach.....	88
Abbildung 4-17: Bodenabtrag nach Hauptnutzungsarten im EZG Länenbach.....	89
Abbildung 4-18: Ausgeschiedene Kleineinzugsgebiete.....	91
Abbildung 4-19: Klassierte Kleineinzugsgebiete.....	92
Abbildung 4-20: Ausschnitt aus dem Länenbachtal (Fliesspfade, Strassen & Wege).....	93
Abbildung 4-21: Übertrittsstelle von Abb.4-20 in der Realität.....	93
Abbildung 4-22: Übertrittstellen in den Länenbach.....	94
Abbildung 4-23: Klassierte Übertrittstellen in den Länenbach.....	95
Abbildung 4-24: Ergebnis der Schadenskartierung.....	96
Abbildung 4-25: Vergleich von gemessenen und mit E2D sim. Abflusswerten.....	99
Abbildung 4-26: Starkniederschlagsereignis vom 15.06.1987, simuliert mit E3D.....	101
Abbildung 4-27: Bodenabtrag durch Wassererosion bei Gerste.....	103
Abbildung 4-28: Bodenabtrag bei verschiedenen Düngergaben bei Gerste.....	104
Abbildung 4-29: Bodenabtrag durch Wassererosion bei Mais.....	105
Abbildung 4-30: Bodenabtrag bei verschiedenen Düngergaben bei Mais.....	105
Abbildung 4-31: Bodenabtrag bei Mais mit Zwischenfrucht.....	106
Abbildung 4-32: Bodenabtrag durch Wassererosion bei Weizen.....	107
Abbildung 4-33: Bodenabtrag bei verschiedenen Düngergaben bei Weizen.....	107
Abbildung 4-34: Bodenabtrag durch Wassererosion bei Hafer.....	108
Abbildung 4-35: Bodenabtrag bei verschiedenen Düngergaben bei Hafer.....	108
Abbildung 4-36: Bodenabtrag durch Wassererosion bei Kunstwiese.....	109
Abbildung 4-37: Bodenabtrag bei verschiedenen Düngergaben bei Kunstwiese.....	110
Abbildung 4-38: Bodenabtrag durch Wassererosion bei Kartoffeln.....	111
Abbildung 4-39: Bodenabtrag bei verschiedenen Düngergaben bei Kartoffeln.....	111
Abbildung 4-40: Bodenabtrag durch Wassererosion bei Mais.....	112
Abbildung 4-41: Bodenabtrag bei verschiedenen Düngergaben bei Mais.....	113
Abbildung 4-42: Das Länenbachtal in 3D-Darstellung (Blick nach Nordwesten).....	113
Abbildung 4-43: Das Länenbachtal in 3D-Darstellung (mit Fliesspfaden).....	114
Abbildung 4-44: Das Länenbachtal in 3D-Darstellung (mit Feldkartierungen).....	115
Abbildung 4-45: Das Länenbachtal in 3D-Darstellung (Erosionsschutzmassnahmen).....	116
Abbildung 4-46: Das Länenbachtal in 3D-Darstellung (Ersionsschutzmassnahmen).....	116
Abbildung 5-1: Verschiedene Modellansätze in zeitlicher & räumlicher Auflösung.....	122

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1-1: Übersicht über ausgewählte Bodenerosionsmodelle.....	3
Tabelle 2-1: Eigenschaften typischer Bodenformen.....	19
Tabelle 2-2: Änderung der Landnutzung im EZG Länenbach.....	21
Tabelle 2-3: Änderung der Landnutzung im EZG Riedmattbach.....	21
Tabelle 3-1: Kenndaten der Testparzelle T50 (Länenbachtal).....	23
Tabelle 3-2: Im Modell ESSEM verwendeten Eingangsgrößen.....	37
Tabelle 3-3: Bewertungsskala für die Klassierung der Kleineinzugsgebiete.....	44
Tabelle 3-4: Verteilung der Bodenart im Einzugsgebiet Riedmattbachtal.....	50
Tabelle 3-5: Auszug aus dem Parameterdatensatz für das Schweizer Kulturland.....	51
Tabelle 3-6: Regendaten und Resultate der Berechnungsversuche.....	53
Tabelle 3-7: Erosionsereignisse auf der Testparzelle T30.....	54
Tabelle 3-8: N-Düngerinputs für das EZG Baldeggersee und das EZG Länenbachtal.....	61
Tabelle 3-9: Simulierte Varianten pro Bodenstandort.....	63
Tabelle 3-10: Im EPIC File angepasste Stickstoff- und Phosphatpools im Boden.....	63
Tabelle 3-11: Outputvariablen des EPIC Modells.....	65
Tabelle 3-12: Amtliche digitale Daten und Teilergebnisse aus dem Modelle ESSEM.....	68
Tabelle 4-1: Abfluss des Länenbachs.....	74
Tabelle 4-2: Verschiedene stoffhaushaltliche Parameter der Hochwasserereignisse.....	80
Tabelle 4-3: Ergebnisse der Simulation mit E2D der Testparzelle T30.....	98
Tabelle 4-4: Vergleich der gemessenen und simulierten Werte von P30.....	100
Tabelle 5-1: Anforderungen an Modelle von Wissenschaft und Praxis.....	130

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

2D: 2dimensional

3D: 3dimensional

ABAG: Allgemeine Abtragsgleichung

BALVL: Bewertungsanleitung zum Leistungsvermögen des Landschaftshaushaltes

DGÖK: Digitale Geoökologische Karte

DHM: digitales Höhenmodell

DTM: Digital Terrain Model

E2D: Modell Erosion 2D

E3D: Modell Erosion 3D

EPIC: Erosion Productivity Impact Calculator

ESSEM: Empirical Statistical Soil Erosion Model

EZG: Einzugsgebiet

BB: Forschungsgruppe Bodenerosion des Geographischen Instituts der Universität Basel