

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 21 (1980)
Heft: 3

Artikel: Die rezente Morphodynamik in einem kleinen Einzugsgebiet im semiariden Südalpen unter besonderer Berücksichtigung des Winters 1980

Autor: Seiler, Wolfgang

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088883>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die rezente Morphodynamik in einem kleinen Einzugsgebiet im semiariden Südalpen unter besonderer Berücksichtigung des Winters 1980

WOLFGANG SEILER

1 Einleitung

1.1 Ziele der Arbeit und Lage des Untersuchungsgebietes

Weite Rodungen während des letzten Jahrhunderts führten in der Basilicata zu einer Intensivierung der rezenten Morphodynamik, die sich in

- verstärktem Oberflächenabfluss,
- flächen- und linienhaften Bodenabtragungen und
- Bodenrutschungen (Frane)

äussert. Das Ausmass der Schädigungen ist teilweise schon derart hoch, dass in gewissen Teilen – abhängig vom Relief und Substrat – an den Hängen nur noch Rohböden und in den Talsohlen Kolluvialböden vorkommen.

Um eine Grössenvorstellung von den rezenten Erosionsvorgängen zu erhalten, wurden in einem kleinen Einzugsgebiet (s.u.) sämtliche während eines Winters entstandenen Erosionsformen kartiert. Zur detaillierteren Erfassung der Auslösung der Erosionsprozesse wurden zusätzlich an spezifischen Stellen der Bodenfeuchtegang¹, Infiltrationskapazitäten¹ und Texturbestimmungen sowie eine Bodenkartierung¹ durchgeführt. Die aktuellen Erosionsformen sowie die Aufnahme der Morphographie¹ und Vegetation¹ ergeben weitere Aufschlüsse über die Ausmasse der Erosionsvorgänge während längeren Zeiträumen. Vermehrte Kenntnisse dieser Art dienen einerseits der Entwicklung wirksamer Bodenschutzmassnahmen und andererseits den Theorien der Geomorphologie, der zur Erklärung der Entstehung der Grossformen die quantitative Absicherung bis anhin fehlt². Als Untersuchungsraum wurde ein kleines linksmündendes Einzugsgebiet im Unterlauf des Sinni gewählt (vgl. Abb. 1). Es liegt unmittelbar vor Tursi im lukanischen Hügelland (66 bis 267 m ü. NN).

1.2 Geologischer Untergrund

Geologisch liegt das Untersuchungsgebiet im Bradano-Graben, der sich von nördlich Pescara bis in den Golf von Tarent zieht. Dieser entstand vom Miozän bis zum Oberpliozän im Zusammenhang mit einer distensiven Bruchtektonik. Die intensivsten Vertikalbewegungen fanden erst aus-

¹ Diese Untersuchungen werden aus Platzgründen an anderer Stelle veröffentlicht

² Vgl. hierzu folgendes Zitat: «Die Prozessforschung beginnt die geomorphologische Forschung stärker zu bestimmen. Die Notwendigkeit dazu wurde erkannt, weil zwischen geomorphogenetischen Grundmodellen und Feldforschungsrealitäten Diskrepanzen auftraten.» (H. Leser 1978, S. 175)

Longitudine Est dal meridiano di Roma (Monte Mario)

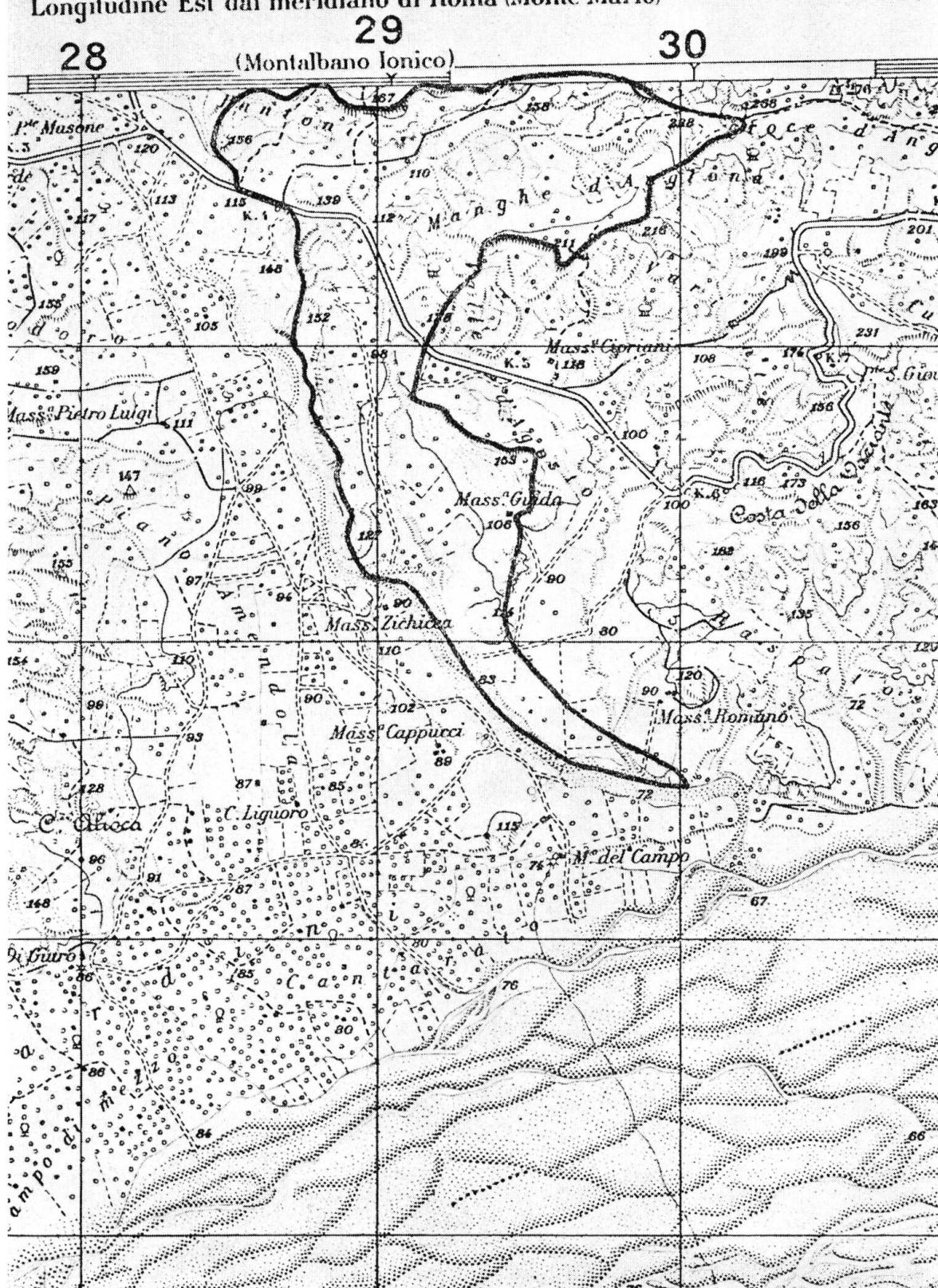


Abb. 1 Untersuchungsgebiet im Unterlauf des Sinni. Kartenblatt 212 della Carta d'Italia IV S. O. Tursi, Massstab 1 : 25 000

gangs des Oberpliozän (Calabriano) statt. Die Absenkung wurde weitgehend durch gleichzeitige Sedimentation (Flysch und Argille scagliose) kompensiert. So erreicht das Calabriano im Bradanograben Mächtigkeiten von rund 1500 m (vgl. *Bousquet* 1972). Es handelt sich hierbei vorwiegend um tonig mergelige Sedimente des «typischen Calabriano» und die Sande von Tursi (Sabbie di Tursi). Das untersuchte Einzugsgebiet besteht ausschliesslich aus dem «typischen Calabriano».

1.3 Die klimatische Verhältnisse

Klimatisch liegt das Gebiet in der subtropischen Winterregenzone. Typisch sind hier die eingipfligen Niederschlags- und Temperaturkurven, die um eine halbe Jahresphase verschoben sind. Nach *Pinna* (1970, S. 147 f.) handelt es sich um den Bereich des «temperato caldo» mit Übergängen zum «temperato subcontinentale». Diese kontinentale Klimatönung entsteht durch die Barrierefunktion des Appennins im W und durch die Öffnung des Golfes gegen Osten. Somit liegen auch die Niederschlagssummen relativ tief. Die Mengen korrelieren positiv mit der Höhe ü. NN und negativ mit den W-E Distanzen vom Apennin. So erhalten der Monte Pollino und der Monte Sirino um 1000 mm Niederschlag; das metapontische Küstenland hingegen nur noch 500–600 mm. Im Untersuchungsgebiet ergeben sich Niederschlagsmengen zwischen 600 und 700 mm. Durch die variablen Zugbahnen der westwärts wandernden winterlichen Zyklogen variiert auch der Niederschlag sehr stark, so dass die langjährigen Durchschnittswerte häufig über- oder unterschritten werden. Die Konzentration der Niederschläge während des Herbst und Winters (ca. 70%) und der hohe Anteil an Starkregen (25%)³ führen zu intensiven morphodynamischen Prozessen.

2 Erosionserscheinungen vom 01. 01. 1980 bis zum 15. 03. 1980

2.1 Bemerkungen zur Auswertung

Während eines zweiwöchigen Aufenthaltes zum Jahreswechsel 1979/80 waren in den bearbeiteten Kulturländern keine Erosionsformen zu finden. Zweieinhalb Monate später konnten im selben Gebiet (Gesamtfläche 1,49 km²) in den Ackerflächen sowie in den Obstgärten (50,9 ha) 389 Erosionsformen mit einer Gesamtlänge von 10 833 m kartiert werden. Bei der quantitativen Kartierung, die nach der Methode von *R.-G. Schmidt* (1979, S. 66–72) erfolgte, wurden nur die linienhaften Erosionsformen aufgenommen, weil das Erosionsgut oft zumindest bis in den nächsten Graben (Gully) transportiert wird und dort nicht mehr erkennbar ist. Aus den linienhaften Erosionsformen kann der minimale Bodenverlust in Kubikmeter oder bei Annahme einer durchschnittlichen Lagerungsdichte in kg bzw. t Boden berechnet werden. Diese Berechnungen ergaben einen minimalen Bodenverlust von 928 m³ bzw. 1206 t Boden (\varnothing Lagerungsdichte 1,3 g/cm³). Die Maximalwerte der Erosionsformen lagen bei 120 cm Tiefe, 150 cm Breite und 235 m Länge.

Im folgenden wird versucht, Gesetzmässigkeiten über die Entstehung der Erosionsformen und ihrer Ausprägung in Abhängigkeit von Relief, Nutzung und Bearbeitungsrichtung aufzuzeigen. Die Verarbeitung dieser Datenmenge ver-

³ vgl. *Gerold* 1979, S. 54 ff.

langte eine EDV-konforme Aufbereitung der quantitativen Werte, die die Erosionsformen ausreichend beschreiben. Hierzu wurden die Daten in einer Tabelle, wo jede Zeile eine Erosionsform kennzeichnet und in deren Spalten die erosionsformbestimmenden Parameter enthalten sind, gespeichert. Die Auswertung erfolgte mit speziell hierzu entwickelten Programmen. Stellvertretend sei ein Programm erwähnt, welches z.B. in der Tabelle alle Zeilen mit einer speziellen Hangneigung heraussucht und danach die graphischen Erosionsformen zu den bereffenden Zeilen zeichnet so dass man einen schnellen Überblick über die Erosionsformen, die bei dieser Hangneigung vorkommen, erhält. Ein Ausdruck dieses Programmes findet sich in Tab. 1. Sämtliche Programme sind in APL (A Programming Language) geschrieben.

Bei der Auswertung ergab sich, dass nur mit den Hangneigungsklassen 2, 3, 4 und 5 sinnvoll gearbeitet werden kann, weil die Klassen 1 und 6 bzw. 7 zu schwach besetzt sind, um Gesetzmäßigkeiten erkennen oder auf sie schliessen zu können. Im weiteren werden der spezifische Korngrössentransport während des Erosionsereignisses und seine Gesetzmäßigkeiten untersucht, weil die Bodenart in engem Zusammenhang mit dem Luft-, Wasser- und Nährstoffhaushalt am Standort steht. Ebenso ist die Korngrössenzusammensetzung ein entscheidender Faktor für zukünftige Erosionsereignisse.

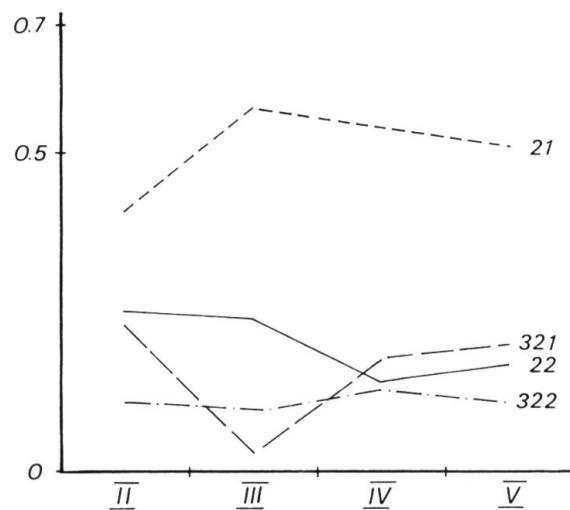
2.2 Die entstandenen Erosionsformen in Abhängigkeit von Relief, Nutzung und Bearbeitungsrichtung

2.2.1 Die Formen und die Häufigkeit ihres Vorkommens

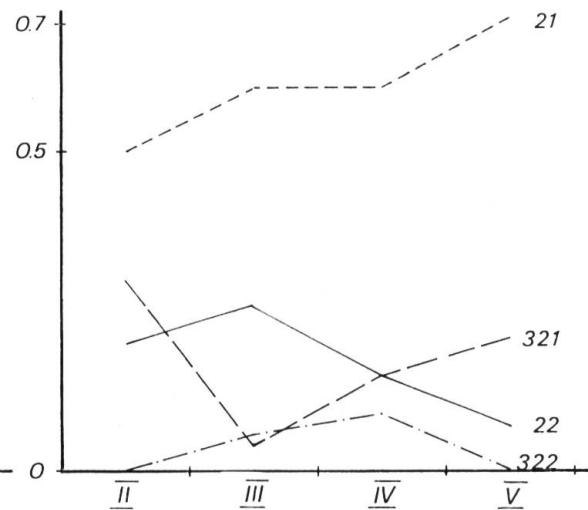
Von den 389 kartierten Formen wurden 369, die natürlich (ohne Einwirkung des Menschen) entstanden waren, ausgewertet. Hierbei überwogen die Rillen (s. Tab. 1) die übrigen Formgruppen um das Drei- und Neunzehnfache. Erstere waren mit 53% an der Gesamtzahl der Erosionsformen beteiligt, die Rinnen mit 20% am zweithäufigsten. Die Runsen kamen nur in den Neigungsklassen 3 und 4 vor, wenn entweder Fremdwasser auftrat oder das Wasser über Kanten abfliessen musste. Zwischen diesen beiden Extremen lagen die Rillen- und Runsenspülung mit 13 bzw. 11% Anteil.

Beim Vergleich der relativen Häufigkeit der Formen zur Gesamtformenzahl in der entsprechenden Neigungsklasse kommt immer noch das absolute Überwiegen der Rillen zum Ausdruck, es zeigt sich jedoch mit zunehmender Steilheit eine deutliche Abnahme der Rillen wie auch der Rinnen bei gleichzeitiger relativer Zunahme der flächenhaften Rillen- und Runsenspülung. Diese Gesetzmäßigkeit der flächenhaften Häufung der Erosionsformen mit zunehmender Hangneigung spiegelt sich auch innerhalb der einzelnen Nutzungsformen wieder (vgl. Abb. 2, 1.1 bis 1.4 u. Tab. 3). Einzig in den Winterfruchtfächen steht die Rillenzahl mit der Versteilung des Geländes in Beziehung. Dies erklärt sich mit der verhältnismässig frischen Neubearbeitung (Ausebnung sämtlicher alter Erosionsformen), so dass sich der Grossteil der neuen Erosionsformen erst im Anfangsstadium der Ent-

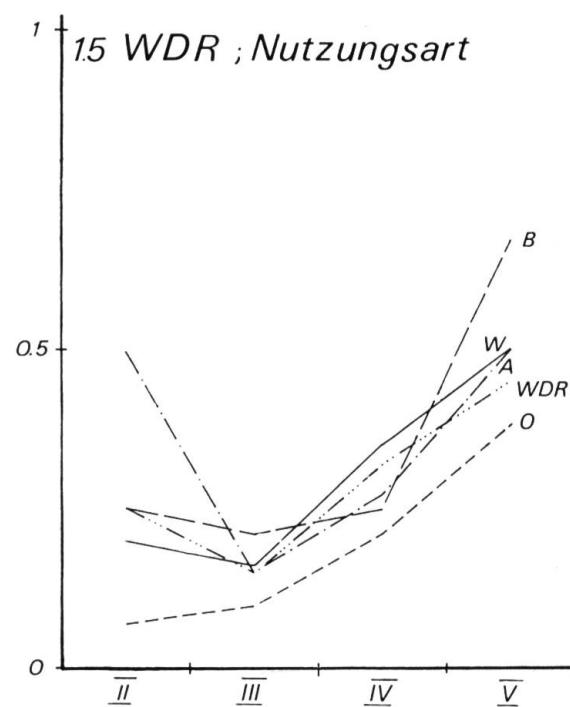
1.1 Formen insgesamt



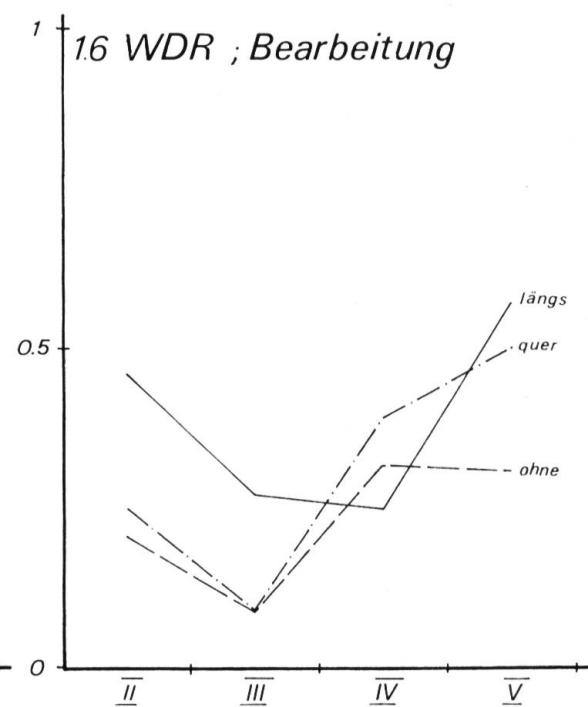
1.2 Winterfrucht



1.5 WDR ; Nutzungsart

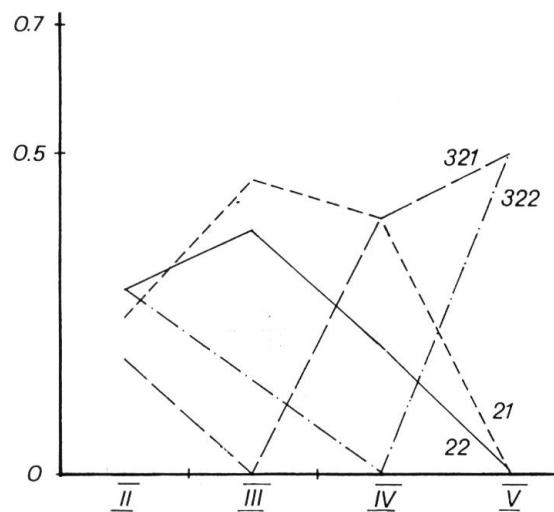


1.6 WDR ; Bearbeitung



wicklung befindet. Ähnliche Tendenzen bzw. Gesetzmässigkeiten wie innerhalb der Nutzungsformen ergeben sich auch bei der Betrachtung der Formhäufigkeiten, die von der Bearbeitungsrichtung (besonders bei Längsbearbeitung) und Hangneigung abhängen (vgl. Tab. 4). Somit kann man annehmen, dass diese Gesetzmässigkeiten zumindest in sehr hohem Masse durch das Relief bedingt sind, wobei die Bearbeitung bzw. Nutzung zu gewissen Unregelmässigkeiten führen kann.

1.3 andere Feldfrüchte



1.4 Obsthaine

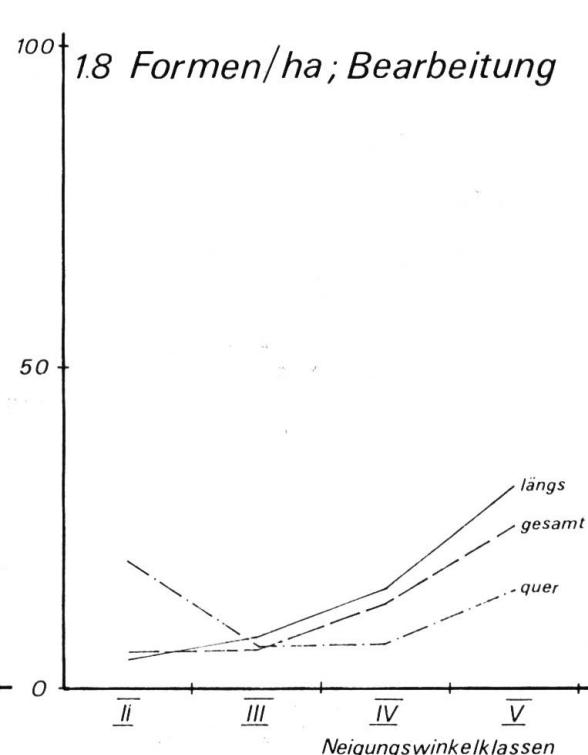
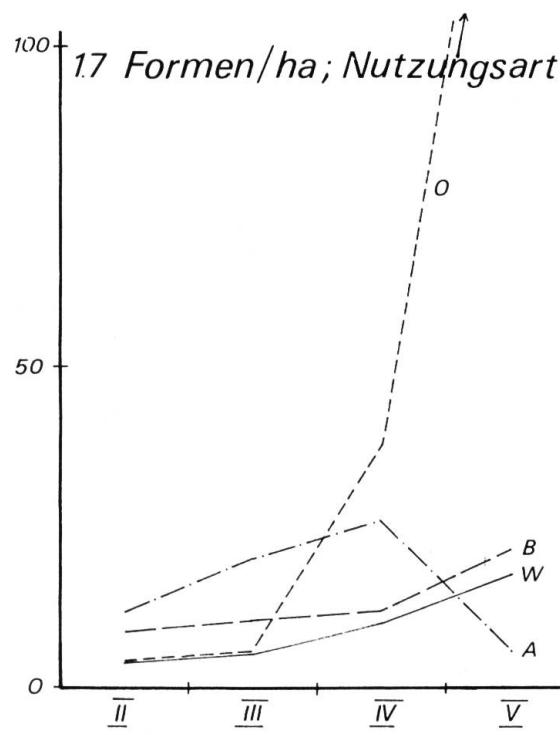
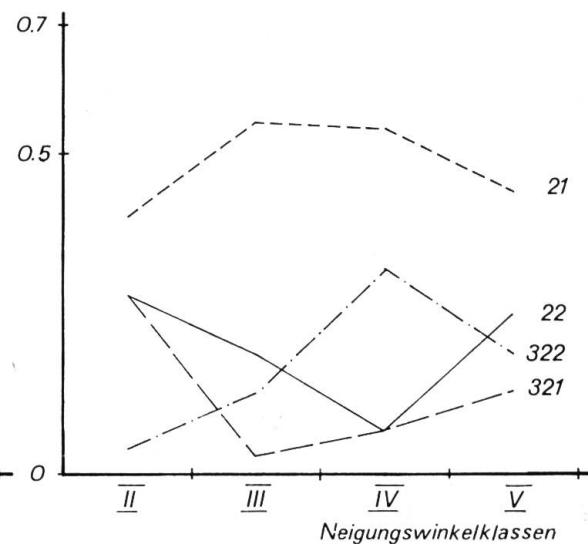


Abb. 2 (1.1–1.4) zeigen die Abhängigkeit der relativen Formhäufigkeiten bezüglich der Hangneigungswinkelklassen und der Nutzungen sowie ohne Nutzungsdifferenzierung. Die Zahlen an den Kurven entsprechen den Formcodes, die in Tabelle 1 definiert sind. In der unteren Hälfte ist die exponentielle Tiefenentwicklung der Formen mit steigender Hangneigung (1.5/1.6) dargestellt. 1.7 u. 1.8 verdeutlichen die Abhängigkeit der Anzahl Formen pro ha und der Nutzungsart bzw. der Bearbeitungsrichtung. A = andere Feldfrüchte, B = Brache, W = Winterfrucht, O = Obsthaine

Tab. 1 Beispiel einer EDV-Auswertungstabelle. Alle Formen in der Hangneigungsklasse 4-7°

AUFBAU DER TABELLE MIT DEN EROSIONSFORMEN
=====

1. SPALTE: NUMMERN DER FORMEN

2. SPALTE: CODE FUER DIE EROSIONSFORM:

1. LINEARE FORMEN

- 21 ~~~~~~> RILLE 2-15 CM TIEF, BIS 25 CM BREIT
22 -----> RINNE >15 CM TIEF ODER >25-200 CM BREIT
23 =====> RUNSE > 15 CM TIEF, BIS 200 CM BREIT

2. FLAECHENHAFT-LINEARE FORMEN

- 321 /\/\/\//\--> NETZWERK VON RILLEN BZW. RUNSEN
322 /\x/\x/\x\--> WIE 321 NUR SIND EINZELFORMEN
+ \ - PARALLEL

- WENN NACH DEM OBEN GENANNTEN CODE EIN 9 STEHT
SO BEDEUTET DIES, DASS DIE ENTSPRECHENDE FORM
KUENSTLICH IST.

3. SPALTE: ANZAHL DER FORMEN

4. SPALTE: LAENGE DER FORM IN METERN

5. SPALTE: TIEFE DER FORM IN CENTIMETERN

6. SPALTE: BREITE DER FORM IN CENTIMETERN

7. SPALTE: VEGETATION

1. ZIFFER: NUTZUNG

- 1 BRACH
2 WINTERFRUCHT
3 ANDERE ACKERFRUCHT
4 OBSTHAIN

2. ZIFFER: BEARBEITUNGSRICHRUNG

- 0 OHNE
1 QUER
2 LAENGS

3. ZIFFER: ZUSATZ

- 1 BEI OBSTHAIN: = MIT UNTERVEGETATION
ALLE ANDERN: = LOCKERE PFLANZUNG

8. SPALTE: NEIGUNGSWINKEL

- 1 = 0-0.5 GRAD
2 = 0.5-2 GRAD
3 = 2-4 GRAD
4 = 4-7 GRAD
5 = 7-11 GRAD
6 = 11-15 GRAD
7 = >15 GRAD

FORMS	F-CODE	PIECE	LONGI	DEPTH	WIDTH	VEGET	SLOPE
\ \ / \ / ->	3211	61	181	101	101	311	41
\ \ / \ / ->	3211	31	251	551	451	201	41
\ \ / \ / ->	3211	31	451	151	251	201	41
----->	221	11	151	131	751	201	41
\ \ / \ / ->	3211	31	101	201	101	201	41
\ ~~~~~~>	211	11	251	91	131	201	41
\ ----->	221	11	1151	131	401	321	41
\ \ / \ / ->	3211	41	01	81	131	101	41
\ ----->	221	11	301	181	801	101	41
\ ~~~~~~>	211	11	401	101	201	211	41
\ ----->	221	11	1001	101	251	211	41
\ ~~~~~~>	211	11	601	81	151	211	41
\ ----->	221	11	91	201	121	221	41
\ \ / \ / ->	3211	131	51	71	101	221	41
\ ----->	221	11	181	201	251	221	41
\ ----->	221	11	251	251	301	221	41
\ ----->	221	11	61	251	201	221	41
\ \ / \ / ->	3211	101	41	101	81	101	41
\ \ / \ / ->	3211	71	71	121	151	101	41
\ \ / \ / ->	3211	61	41	81	81	4011	41
\ ~~~~~~>	211	41	71	101	151	4011	41
\ ~~~~~~>	211	11	81	141	201	4011	41
\ ~~~~~~>	211	21	101	101	101	221	41
\ ~~~~~~>	211	11	601	151	251	201	41
\ ~~~~~~>	211	11	301	121	301	201	41
\ ----->	221	11	601	201	201	201	41
\ ~~~~~~>	211	21	61	81	41	201	41
\ \ / \ / ->	3211	41	61	91	61	201	41
\ \ / \ / ->	3211	31	31	41	41	201	41
\ ~~~~~~>	211	11	31	81	151	401	41
\ ----->	221	11	201	201	301	401	41
\ ~~~~~~>	211	41	201	101	151	401	41
\ ~~~~~~>	211	11	251	101	151	401	41
\ ~~~~~~>	211	11	41	121	151	401	41
\ ~~~~~~>	211	11	191	71	151	401	41
\ ~~~~~~>	211	11	161	71	201	401	41
\ ~~~~~~>	211	11	661	151	241	321	41
\ ~~~~~~>	211	31	61	121	101	321	41
\ ~~~~~~>	211	21	41	121	111	321	41
\ \ / \ / ->	3211	151	141	51	81	3211	41
\ \ / \ / ->	3211	151	141	51	81	3211	41
\ \ / \ / ->	3211	151	141	51	81	3211	41
\ ~~~~~~>	211	11	91	61	81	3211	41
\ ~~~~~~>	211	11	31	151	151	3211	41
\ ----->	221	11	131	221	251	3211	41
\ ~~~~~~>	211	11	101	51	71	3211	41
\ /\ /\ /\ /\ >	3221	71	121	71	101	431	41
\ /\ /\ /\ /\ >	3221	41	121	61	101	431	41
\ \ / \ / ->	3211	51	61	41	101	431	41
\ ----->	221	11	341	151	201	401	41

2 2 2 Das Weiten-Tiefenverhältnis der durch Erosion entstandenen Tiefenlinien

Zur Untersuchung der Tiefenentwicklung der Erosionsformen im Vergleich zu ihrer Breite wurde der Weiten-Tiefenkoeffizient (WIDTH: DEPTH = WD) berechnet und die Summe aller WD ≤ 1 bestimmt und mit WDS bezeichnet. Die Anzahl WDS je Hangneigungswinkelklasse in Relation zur Gesamtzahl der Formen in der entsprechenden Neigungsklasse ergibt den relativen Weiten-Tiefenkoeffizienten (WDR), der Aussagen über die Breiten-Tiefenentwicklung der Erosionsformen in Abhängigkeit des Reliefs ermöglicht.

Sämtliche WDR-Werte zeigen mit Ausnahme der Hangneigungsklasse zwei ($0,5\text{--}0,2^\circ$), sowohl gesamthaft als auch in Abhängigkeit von Nutzung oder Bearbeitungsrichtung, eine exponentielle Zunahme, also eine exponentielle verstärkte Tiefenerosion mit steigender Hangneigung. Hierbei weisen die Brache Flächen relativ wie auch absolut die stärkste Tiefenentwicklung auf, während in den Obsthainen eher die breiten Flächen oder viele Kleinformen überwiegen (vgl. Abb. 2, 1.5 u. Tab. 3). Dies liegt daran, dass die Obsthaine in den flachen Gebieten selten Untervegetation aufweisen und somit extrem erosionsanfällig sind (flächenhafte Spülung, vgl. Tab. 3). Im steileren Gelände ist der Boden meist mit Gras bewachsen, so dass hier vorwiegend viele kleine Rillen entstehen. Deshalb weisen auch die Obsthaine mit Abstand die höchste Gesamtformenanzahl pro ha in den oberen Neigungsklassen auf (vgl. Abb. 2, 1.7). Die Winterfruchtflächen und die anderen Ackerflächen liegen zwischen diesen beiden Extremen (vgl. Abb. 2, 1.7).

Beim Vergleich der Bearbeitungsrichtung kommt ebenfalls der allgemeine Trend der exponentiellen Tiefenentwicklung mit zunehmender Hangneigung zum Ausdruck. Zusätzlich zeigt sich aber deutlich, dass die Tiefenerosion durch die Bearbeitung in Gefällsrichtung noch verstärkt wird, liegt doch diese Kurve zumeist über jener der Querbearbeitung. In der obersten Neigungsklasse ergibt sich jedoch eine Annäherung der beiden Kurven, und es ist zu vermuten, dass bei der Untersuchung noch steilerer Lagen ($> 11^\circ$) sich die Kurven vereinigen oder zumindest sehr nahe beieinander liegen werden, weil bei grösserer Steilheit auch mit Querbearbeitung die Erosion nicht zu verhindern bzw. einzudämmen ist. Die allgemein verstärkte Tiefenentwicklung in den Neigungen von $0,5\text{--}0,2^\circ$ erklärt sich mit dem häufigen Zufluss von Fremdwasser (d.h. Wasser aus anderen Hangneigungswinkelklassen). Dieses Wasser konzentriert sich in lokalen Tiefenlinien, und sein Fliessen hält wegen des vergleichsweise grossen Einzugsgebietes lange an, was sich in einer verstärkten Tiefenerosion äussert.

2 2 3 Die Anzahl Formen pro Flächeneinheit

Die Untersuchung der Anzahl Formen pro Flächeneinheit (ha) in Abhängigkeit von Nutzung (Ausnahme: andere Feldfrüchte) oder Bearbeitungsrichtung und ihrer Gesamtzahl im Vergleich zur Hangneigung ergibt ebenfalls in allen drei Fällen eine deutlich positive Korrelation. Es kommt wiederum die verstärkte Erosionsanfälligkeit – relativ und absolut – bei Längs- gegenüber Querbearbeitung deutlich zum Ausdruck. Die Anzahl Formen steigert sich auch hier expo-

Neigungsklasse	WDR	Formen						Fläche ha	Bodenverlust			Formen/ha
		21	22	23	321	322	Σ		m^3	t	t/ha	
0 - 0.5	0	1	0	0	0	0	1	-	1.5	2.0	-	-
0.5 - 2.0	0.25	23	14	0	13	6	56	9.96	305	396	39.8	6
2.0 - 4.0	0.15	86	36	9	5	15	151	23.52	458	596	25.3	6
4.0 - 7.0	0.32	69	18	1	23	16	127	9.51	131	170	17.9	13
7.0 - 11.0	0.46	18	6	0	7	4	35	1.02	27	35	25.4	25
11.0 - 15.0	0.17	1	0	0	1	2	4	-	5	6	-	-
15.0	0	1	0	0	0	0	1	-	0.24	0.3	-	-

Tab. 2 Zusammenstellung der gesamten Erosionsformen vom Winter 1980 in Abhängigkeit der Neigungsklassen. Formenbezeichnungen siehe Legende zu Erosionsformen

Neigungsklasse	Nutzung	WDR	Formen						Fläche ha	Bodenverlust			Formen/ha
			21	22	23	321	322	Σ		m^3	t	t/ha	
0.5 - 2.0	Brache	0.25	4	0	0	0	0	4	0.45	0.9	1.2	2.6	9
	Winterfrucht	.2	5	2	0	3	0	10	2.48	10.1	13.2	5.3	4
	Andere Feldfrüchte	.5	4	5	0	3	5	17	1.43	18.2	23.7	16.6	12
	Obsthaine	.07	10	7	0	7	1	25	5.6	275.6	358.2	64.0	4
2.0 - 4.0	Brache	0.21	13	5	1	1	1	21	1.98	62.7	81.5	41.2	11
	Winterfrucht	0.16	30	13	2	2	3	50	9.09	75.4	97.9	10.8	6
	Andere Feldfrüchte	0.15	6	5	0	0	2	13	0.65	23.3	30.3	46.7	20
	Obsthaine	.1	37	13	6	2	9	67	11.8	296.7	385.8	32.7	6
4.0 - 7.0	Brache	0.25	0	1	0	3	0	4	0.34	5.4	7.0	20.7	12
	Winterfrucht	0.35	48	12	1	12	7	80	7.87	88.2	114.8	14.6	10
	Andere Feldfrüchte	.26	6	3	0	6	0	15	0.57	21.9	28.5	50.0	26
	Obsthaine	.21	15	2	0	2	9	28	0.73	15.5	20.1	27.6	38
7.0 - 11.0	Brache	0.67	1	1	0	1	0	3	0.14	.98	1.3	9.1	21
	Winterfrucht	0.5	10	1	0	3	0	14	0.78	14.2	18.5	23.7	18
	Andere Feldfrüchte	0.5	0	0	0	1	0	1	0.35	3.3	4.3	12.4	6
	Obsthaine	.38	7	4	0	2	3	16	0.10	8.3	10.7	107.5	160

Tab. 3 Zusammenstellung der Erosionsformen und des Bodenverlustes vom Winter 1980 in Abhängigkeit von Neigungsklasse und Nutzung

Neigungsklasse		WDR	Formen						Fläche ha	Bodenverlust			Formen/ha
			21	22	23	321	322	Σ		m^3	t	t/ha	
0.5 - 2.0	quer	0.25	2	1	0	0	0	3	0.15	3.1	4.0	26.9	20
	längs	0.36	3	3	0	2	3	11	2.39	190.1	247.1	103.4	
2.0 - 4.0	quer	0.09	18	9	1	0	7	35	4.92	80.4	104.6	21.3	7
	längs	0.27	24	12	5	3	2	46	5.5	116.1	151.0	27.5	
4.0 - 7.0	quer	.39	21	5	1	6	3	36	4.91	38.1	49.5	10.1	7
	längs	.25	29	8	0	7	4	48	3.18	40.3	52.4	16.5	
7.0 - 11.0	quer	.5	8	1	0	1	0	10	0.64	14.5	18.9	29.5	16
	längs	.57	3	1	0	3	0	7	0.22	3.1	4.1	18.5	

Tab. 4 Zusammenstellung der Erosionsformen und des Bodenverlustes vom Winter 1980 in Abhängigkeit von Neigungsklasse und Bearbeitungsrichtung

nentiell mit der Hangneigung (vgl. Abb. 2, 1.8). Innerhalb der verschiedenen Nutzungen verläuft der Anstieg bei den Winterfrüchten und den Bracheflächen nahezu parallel und linear, wobei die brachen Felder absolut höher geschädigt sind. Die Obsthaine weisen mit zunehmender Hangneigung einen extrem hohen Anstieg an Erosionsformen auf (vgl. Abb. 2, 1.7 u. 2 2 2). Die anderen Anbaufrüchte verzeichnen zuerst ebenfalls einen Anstieg der Erosionsformenanzahl. In der fünften Neigungsklasse erfolgt jedoch eine starke Abnahme. Dieser Befund darf nicht überbewertet werden und scheint eher zufällig zu sein, weil die betreffende Klasse nur mit einem Wert besetzt ist (vgl. Tab. 3).

Vorderhand erstaunlich ist die Feststellung, dass kein Zusammenhang zwischen dem aus den Formen berechneten Verlust und der Hangneigung vorhanden ist. Auch die differenziertere Betrachtung der einzelnen Nutzungstypen und der Bearbeitungsrichtung lässt – mit Ausnahme der Winterfruchtflächen – keinen Zusammenhang zwischen Hangneigung und Bodenverlust erkennen. Unter Ausschliessung eines statistischen Fehlers (geringe Klassenbesetzung s.o.) dürften m.E. hierfür zwei Gründe entscheidend sein:

- Die vorwiegend als Starkregen fallenden Niederschläge führen besonders in den steileren Gebieten zu mehr flächenhaftem Abfluss ohne extreme Tiefenerosion und werden somit bei der Kartierung nur teilweise miterfasst⁴. D.h. dass in den steileren Gebieten die Mengenberechnung über die Tiefenlinien der Erosion im Vergleich zu den tieferen Hangneigungsklassen mit einem grösseren Fehler behaftet ist.
- Die Erosionsleistungen werden in den flacheren Gebieten durch Zuschusswasser von den höheren Lagen überproportional verstärkt (vgl. 2 2 2).

3 Der selektive Korngrössentransport durch Erosionsprozesse

Der Vergleich der Korngrössenzusammensetzungen im Ausgangsmaterial und im entsprechenden Akkumulationsbereich ergibt an verschiedenen Standorten die gleichen typischen Gesetzmässigkeiten. So weisen alle Akkumulationsflächen – egal ob als Wiese, Weide, Acker oder nicht genutzt (Rohboden) – einen höheren Schluff- und Sandgehalt als das jeweilige Ausgangsmaterial auf. Die differenzierte Analyse der Körngrössen zeigt, dass in den

- als Wiesen und Weiden genutzten Flächen vorwiegend der Staubsand (SS/32–63 μm) und der Grobschluff (GU 16–32 μm), in den
- als Acker genutzten Flächen und den Rohböden besonders der Feinsand (FS/63–250 μm) sowie der Staubsand

transportiert werden (vgl. Tab. 5 u. 6 sowie Abb. 2).

Bei den Rohböden, die hier infolge anhaltender intensiver Erosionsschädigung entstehen, treten die Auswirkungen des selektiven Korngrössentransportes am deutlichsten in Erscheinung. Als Beispiel sollen ein Biancan und sein Vorfeld so-

⁴ Die geringere Tiefenentwicklung der Erosionsformen bei Starkniederschlägen konnte auch im Basler Tafeljura nachgewiesen werden (vgl. W. Seiler, 1980a, 1980b).

G-Sand	M-Sand	F-Sand	S-Sand	Grob-U	M.F-U	Ton	Sortk	Symk	Koef	LbNr	Standort
.1	.1	2.5	.0	24.4	28.0	44.8	1.40	1.14	.81	3011	Biancan/Veg.los
.1	.1	3.7	42.1	17.5	25.4	11.1	1.34	1.12	.84	3012	Bi-Ebene/Veg.los
.0	.0	19.1	61.4	10.5	5.5	3.5	.82	.85	1.04	3022	Akku/Winterfrucht
.3	.6	13.2	39.1	14.7	14.6	17.4	1.30	.68	.52	3023	Acker/Winterfrucht
.0	.1	13.9	56.8	8.0	11.8	9.3	1.03	.91	.88	3025	Akku/Winterfrucht
.2	.3	8.2	40.1	11.8	19.1	20.4	1.41	.66	.47	3026	Acker/Winterfrucht
.0	.1	13.2	59.0	10.9	9.8	7.1	1.05	.78	.74	3027	Akku/Winterfrucht
.6	.6	13.6	44.2	12.5	16.4	12.1	1.24	.70	.56	3028	Acker/Winterfrucht
.3	.3	4.9	17.4	11.4	27.2	38.6	1.67	1.25	.75	3056	Hangkopf/Wiese
.2	.5	4.9	26.6	15.8	20.9	31.0	1.50	.65	.43	3057	Unterhang/Wiese
.1	.2	9.2	43.6	17.4	19.5	9.9	1.07	.78	.73	3058	Hangfuß/Wiese
.0	.3	24.1	54.3	6.7	10.7	3.9	.92	.91	.99	3059	Oliven/Wiese
.1	.2	11.7	42.7	14.2	16.7	14.4	1.23	.71	.58	3060	Akku/Wiese
.1	.4	5.8	41.1	21.1	26.6	4.8	1.17	1.00	.85	3062	Hangfuß/Wiese
5.5	5.5	16.3	28.9	10.0	13.6	20.0	1.38	.64	.46	3063	Hangkopf/Wiese

Tab. 5 Korngrößenvergleich zwischen Ausgangsmaterial und transportiertem bzw. akkumuliertem Material. Die quer verlaufenden Linien grenzen Vergleichsstandorte voneinander ab. Der Koeffizient ergibt sich aus der Division Symk: Sortk. Den Fraktionen liegen die folgenden Korngrössengrenzen zugrunde Ton: $< 2 \mu\text{m}$, M.F-Schluff: $2-8 \mu\text{m}$, Grobschluff: $8-16 \mu\text{m}$, Staubsand: $32-63 \mu\text{m}$, Feinsand: $63-250 \mu\text{m}$, Mittelsand: $250-500 \mu\text{m}$, Grobsand: $500-2000 \mu\text{m}$

LbNr	F-Sand	S-Sand	Grob-U	Ton
3012	148	00	69.4	24.7
3022	145.6	157.0	37.7	20.1
3025	141.6	169.5	61.8	45.6
3027	97.1	133.5	59.8	60.0
3057	100	152.9	138.6	80.3
3058	187.8	250.6	153.6	25.6
3059	206.0	127	47.1	27.1
3062	35.6	142.2	211	24.0

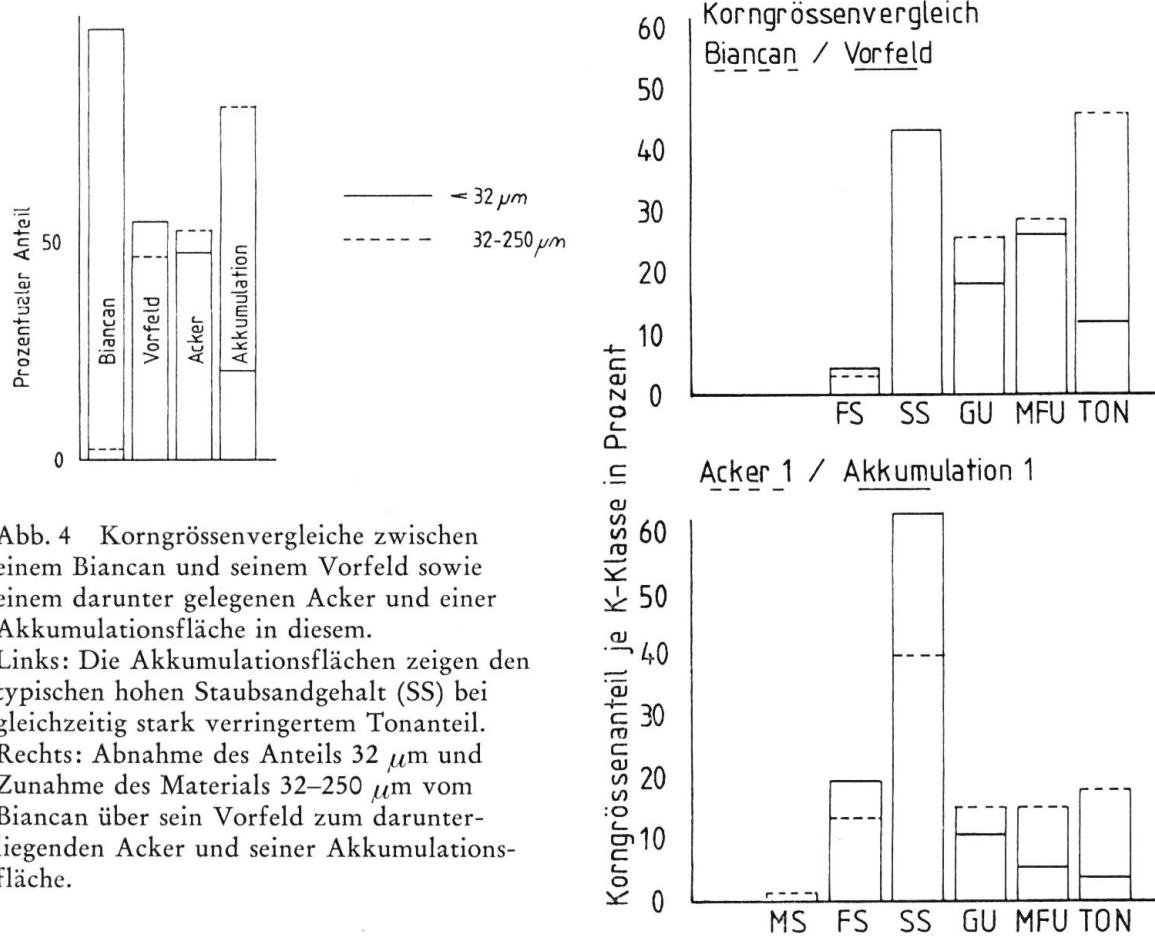
Tab. 6 Prozentuale Verluste bzw. Anreicherungen von Fein- und Staubsand sowie Grobschluff und Ton im Vergleich zum Ausgangsmaterial (100%)

wie ein darunter gelegener Acker dienen. Biancane sind kegelartige Erosionsformen mit einem scharfen Knick beim Übergang zum Biancanvorfeld. Sie stehen zumeist zeugenbergartig vor den durch Erosion stark geschädigten Hangböschungen, die das Einzugsgebiet säumen. Im Untersuchungsgebiet erreichen die Biancane Höhen zwischen 1 bis ca. 7 m. Die Gründe für die Entwicklung ihrer Form sind bis anhin noch ungeklärt und bieten eine weitere Fragestellung bei den laufenden Untersuchungen.



Abb. 3 Blick von ca. 150 m südlich Punkt 158 gegen Westen. Die relativ einheitlichen Flächen im Vordergrund werden beweidet und in ebener Lage ackerbaulich genutzt. Die stark erosiv überprägten Formen (Biancane, Biancanfelder, Gräte, Sporne usw.) im Mittelgrund bestehen aus tonigem Lehm bis lehmigem Ton (Rohböden) und tragen teilweise noch macchienartige Vegetation. Im Hintergrund sind die ersten Ausläufer des Apennins zu erahnen.

Die Proben 3011 (Biancan) und 3012 (Biancanvorfeld) (vgl. Tab. 5 u. 6) wurden 2 m voneinander entfernt entnommen. Im Biancan dominieren mit 97,2% die Korngrößen $< 32 \mu\text{m}$. Im Biancanvorfeld erreichen diese Feinmaterialanteile nur noch 54%. Den Rest bilden die Fraktionen zwischen 32–63 μm (SS) mit 42% und jene zwischen 63–250 μm (FS) mit 4%. Dieser Befund weist deutlich darauf hin, dass im Biancan die Korngrößen zwischen 32–250 μm ausgewaschen und im Vorfeld teilweise abgelagert wurden. Ein 30 m unterhalb gelegener Acker bestätigt die Tendenz der Fein- und Staubsandverlagerungen besonders deutlich. Dort erreichen die Fraktionen zwischen 32–250 μm nämlich 52%. Eine Akkumulationsfläche innerhalb des Ackers weist gegenüber dem Acker einen um zusätzlich 28% erhöhten Fein- und Staubsandanteil auf, so dass die Korngrößen zwischen 32–250 μm hier 80% des Feinmaterials erreichen. Diese Tendenzen konnten an neun verschiedenen Standorten ausnahmslos nachgewiesen werden, wobei die Anhäufung des Staubsandes immer über 34% im Vergleich zum Ausgangsmaterial betrug. Beim Feinsand lagen die Anreicherungswerte zwischen 0 und 106% mit einem Medianbereich von ca. 45% (vgl. Tab. 6). Die Frage, ob nicht auch Ton in grösserem Masse abtransportiert und weiter vom



Erosionsstandort entfernt abgelagert wird oder gar über den Vorfluter verloren geht, muss aus folgenden Gründen verneint werden:

- Es wurde im ganzen Untersuchungsgebiet – selbst in Muldenlagen – keine Tonanreicherungen gefunden.
- Die Bodenfeuchten liegen zumindest im tonreichen Ausgangsmaterial immer sehr tief (8–21 Gew. %), so dass die Tonpartikel infolge von Ad- und Kohäsionskräften stark gebunden sind. D.h. die Tone könnten nur in Form von Aggregaten in der Größenordnung des Schluffs transportiert werden (vgl. *K. H. Hartge*, 1978, S. 26) und müssten infolgedessen auch mit ihm zusammen abgelagert werden. Da dies nicht der Fall ist, muss man annehmen, dass die hohen Bindungskräfte die Loslösung der Tonpartikel verhindern.
- Die Erosions- und damit auch die Verlagerungsvorgänge entstehen zumeist im Zusammenhang mit Starkregen. Diese haben einen schnellen Oberflächenabfluss zur Folge, (vgl. 2 2 3), so dass praktisch kaum Wasser zur Quellung der Tone und damit zur Lockerung der Bindungskräfte übrig bleibt.

4 Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen der entstandenen Erosionsformen in Abhängigkeit von Relief (Hangneigungswinkelklasse), Nutzung und Bearbeitungsrichtung zeigen, dass das Relief der Hauptsteuerungsfaktor der morphodynamischen Prozesse ist. So

korrelieren die Tiefenentwicklung, die Anzahl der Formen pro Flächeneinheit und der relative Anteil der Formengruppen mit der Hangneigung, wobei diese Zusammenhänge je nach Nutzung oder Bearbeitungsrichtung verstärkt oder abgeschwächt sein können. Ein wesentlicher Faktor für die Erosionsvorgänge in den flachen, an sich weniger erosionsgefährdeten Gebieten ist der Fremdwasserzuschuss aus den höheren Hangneigungswinkelklassen. Besonders extrem wirkt sich dieses Wasser aus, wenn die flachen Gebiete direkt unterhalb von Rohböden, die praktisch keine Infiltrationskapazität aufweisen, liegen. Selbstverständlich gilt dies auch für die steileren Flächen, nur sind die Auswirkungen in den flacheren Teilen schlimmer, weil dort vorwiegend Obsthaine (56%) ohne Untervegetation vorkommen, und sie somit extrem erosionsanfällig sind. Der selektive Korngrössentransport führt im Ausgangsmaterial wie auch in den Akkumulationsgebieten zu folgenden geoökologischen Auswirkungen:

- Die relative Anreicherung des Tones bei gleichzeitiger Verringerung des Fein- und Staubsandes im Erosionsbereich macht diese Böden sehr dicht und verhindert damit praktisch jede Infiltration, so dass alles Wasser oberflächlich abfliesst und damit die schon bekannten Erosionsprozesse unterstützt.
- Die Akkumulationsflächen mit hohen Staubsandgehalten bei geringem Feinsandanteil, wie z.B. das Biancanvorfeld, besitzen ebenfalls eine ausserordentlich schlechte Infiltrationskapazität, weil ihnen jegliche Bodenentwicklung bzw. -struktur fehlt⁵. Somit ist auch hier die Erosionsanfälligkeit wiederum erhöht.
- In den Akkumulationsflächen der Äcker ist die Infiltrationskapazität infolge des hohen Feinsandanteils noch verhältnismässig gut. Sie wird sich aber auch hier mit dem weiteren Abbau bzw. Weitertransport des Fein- und Staubsandes schnell verschlechtern. Vorerhand zeigen sich in diesen Gebieten Auswirkungen insbesondere auf den Nährstoffhaushalt, indem die Kationenaustauschkapazität, wie auch die C- und N-Werte im Akkumulationsbereich im Vergleich zu den umliegenden Ackerflächen stark verringert sind.

Zusammenfassend lässt sich sagen: Die andauernde Erosionstätigkeit führt oder führte im Zusammenhang mit dem selektiven Korngrössentransport in den höchsten Lagen (ohne Zutransport von oben) zu unbearbeitbaren Tonrohböden. In den unteren Bereichen entstehen momentan noch schluffige Kolluviallehme mit unter Umständen guten Anbaueigenschaften. Mit Fortdauer der Erosionstätigkeit werden sich aber auch hier – einerseits infolge der Verschlechterung des Nährstoff- und Wasserhaushalts und andererseits durch den fortgesetzten selektiven Korngrössentransport (die Grenzlinie der Tonrohböden wird sich nach unten verlagern) – die Böden derart verschlechtern, dass sie kaum noch anbauwürdig bzw. anbaufähig sind⁶.

⁵ Vergleiche hierzu auch *L. Jung* (1962, S. 107): «... and the high concentration of silt at the foot of the slope, a compact dense washed soil with bad percolation properties and unfavorable structure can be observed there».

⁶ Mein Dank gilt allen Studenten, die im Frühjahr 1980 im Rahmen einer Auslandsexkursion bei den Feldarbeiten mitgeholfen haben, wie auch Herrn Dr. J. Hartmann, der mich während einer Vorerkundung zum Jahreswechsel begleitet und tatkräftig unterstützt hat. Ebenso möchte ich aber auch Herrn Prof. Dr. H. Leser für die finanzielle und infrastrukturelle Unterstützung seitens des Geographischen Institutes sowie für den Hinweis auf das gewählte Untersuchungsgebiet am Unterlauf des Sinni ganz herzlich danken.

RÉSUMÉ: PROCESSUS MORPHODYNAMIQUES DANS LES RÉGIONS AGRICOLES DE LA BASILICATA

De vastes défrichages, la concentration des précipitations sur l'automne et l'hiver entraînent, surtout dans les régions agricoles de la Basilicata, des processus morphodynamiques prononcés. Il s'ensuit une érosion souvent forte dans le substrat argilo-marneux du Calabriano. La cartographie des dommages révèle les dégâts survenus au cours de l'hiver 1980, et l'analyse de la texture des dégâts survenus au cours de périodes assez longues. Les résultats permettent d'établir des normes pour les formes que prendra l'érosion en dépendance de la déclivité du terrain et de l'exploitation de celui-ci. En outre, ils révèlent les effets produits sur la géoécologie ainsi que les tendances de l'évolution du sol et de sa mise en valeur, c'est-à-dire de la possibilité de mise en valeur. En particulier, les résultats sont: augmentation exponentielle du développement en profondeur des formes de l'érosion en dépendance de la déclivité du terrain et du sens dans lequel se font les travaux agricoles, transport sélectif des grains de grosseur entre 16 et 250 μ et concentration relative de la fraction d'argile, trois facteurs entraînant ensemble la formation de sols bruts argileux.

LITERATUR

- Blanck, I. P. / B. P. Korošec* (1979): Etude des courbes granulométriques globales (0,002–2 mm) par l'analyse factorielle des correspondances. Application aux formations superficielles des «LLANOS CENTRALES» du Vénézuéla. In: Rev. géom. dyn., 28, S. 1–13
- Gerold, G.* (1979): Untersuchungen zum Naturpotential in Südost-Sizilien im Hinblick auf ihre Bedeutung für die agrare Landnutzung. Jahrbuch d. geogr. Ges. Hannover, 260 S.
- Hartge, K. H.* (1978): Einführung in die Bodenphysik. Stuttgart, 364 S.
- Huttary, J.* (1950): Die Verteilung der Niederschläge auf die Jahreszeiten im Mittelmeergebiet. In: Meteor. Rdsch., S. 111–119
- Jung, L.* (1962): Soil particle size distribution on eroded slopes. In: Comm. de l'érosion continentale, Coll. de Bari 1. 10–8. 10. 1962, Publ. 59 de l'Assoc. Int. d'Hydrol. Scient., Gentbrugge, S. 105–113
- Leser, H.* (1978): Fazit zum BGC: «Ökologisch-methodische Probleme in Tropisch-Westafrika». In: Geomethodica, 3, S. 171–182
- Pinna, M.* (1957): La Carta dell' indice di aridità per l'Italia. In: Atti del XVII Congr. Geogr. Ital., Bari, S. 96–107
- Pinna, M.* (1962): Lo studio del trasporto solido dei corsi d'acqua nel quadro delle ricerche dell' erosione del suolo. In: CNR: L'Erosione del Suolo in Italia II, *Morandini, G.* (Hrsg.) Padova, S. 41–60
- Pinna, M.* (1970): Contributo alla classificazione del clima d'Italia. In: Riv. Geogr. Italiana, S. 129–170
- Rother, K.* (1971): Die Kulturlandschaft der tarentinischen Golfküste. Bonner Geogr. Abh., H. 44, 246 S.
- Schmidt, R. G.* (1979): Probleme der Erfassung und Quantifizierung von Ausmass und Prozessen der aktuellen Bodenerosion (Abspülung) auf Ackerflächen. Methoden und ihre Anwendung in der Rheinschlinge zwischen Rheinfelden und Wallbach (Schweiz). Physiogeographica, 1, Basel, 240 S.
- Seiler, W.* (1980): Quantitativer Vergleich des Erosionsverhaltens eines winterlichen Dauerniederschlags und eines sommerlichen Starkregens. In: Bulletin SBG, 4 S. 28–35
- Seiler, W.* (1980): Der Einfluss von landwirtschaftlicher Nutzung, Wirtschaftsweise und von verschiedenen Niederschlagsarten auf das Erosionsereignis bzw. das Formungsverhalten im Oberlauf der Ergolz BL. In: Regio Basiliensis, XXI, S. 186–197
- Tichý, F.* (1962): Die Wälder der Basilicata und die Entwaldung im 19. Jahrhundert. Vorgänge, Ursachen und Folgen. Heidelberger Geogr. Arb., H. 8 ,174 S.+ Abb.