

Aus der Sektion Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Wissenschaftsbereich Physische Geographie
(Leiter des Wissenschaftsbereiches: Prof. Dr. sc. H. Richter)

Abbildungsverhalten bodenerosiv geschädigter Flächen im Luftbild

Von **Cornelia Riedel** und **Hilmar Schröder**
Mit 5 Abbildungen und 1 Tabelle
(Eingegangen am 2. November 1983)

1. Einleitung

Jegliche Art von Nutzung der Natur durch den Menschen führt zu Eingriffen in den Landschaftshaushalt, deren funktionsstörende Auswirkungen beträchtliche volkswirtschaftliche Schäden hervorrufen können. Ein mit überwiegend negativen Folgeerscheinungen ausgestattetes Phänomen stellt die Bodenerosion dar, deren jährlicher finanzieller Gesamtverlust in der DDR auf 60–80 Millionen Mark (Flegel 1958) geschätzt wurde. Neuerliche Untersuchungen halten diese Angaben eher für zu gering als zu hoch (Grunert 1972, Wetzel 1979).

Ausschließliche terrestrische Erkundung zur Aufdeckung des arealen Verteilungsmusters bodenerosiv geschädigter Flächen verlangen einen hohen personellen und finanziellen Aufwand. Nach eigenen Erfahrungen beträgt der Kartierungsaufwand pro Person und Quadratkilometer bei der Erosionsspuren- und Krumenfarbenerfassung ca. 10–12 h. Bei einem Kartierungsgebiet von ca. 250 km² würde ein Bearbeiter mehr Zeit benötigen, als der durch den Bearbeitungsrythmus der Landwirtschaft vorgegebene Zeitraum beträgt. Da des weiteren handhabbare Aussagen über die Ausdehnung geschädigter Flächen sehr schnell zur Verfügung stehen müssen, ist es notwendig, andere methodische Wege einzuschlagen. Als ein wichtiges Hilfsmittel erwies sich dabei das Luftbild.

2. Arbeitsgebiet

Das Arbeitsgebiet liegt westlich und südwestlich von Halle/Saale und erstreckt sich etwa aus der Umgebung des Süßen Sees im Norden bis zum Unstruttal im Süden. Das Gebiet konnte nur auf Testflächen bearbeitet werden, da sehr lückenhaft themenrelevantes und qualitätsgerechtes Luftbildmaterial zur Verfügung stand. Das östliche und südöstliche Harzvorland besitzt nach Masuch (1957/58) eine mittlere niederschlagsbedingte Erosionsdisposition, die jedoch durch Neigungsverhältnisse und Substrat (Löß, feinsandige Verwitterungsprodukte) verstärkt wird (Schröder 1982, 1985). Auch bei kleinmaßstäbigen Übersichtskartierungen von Kugler (1976) wird die Gesamterosionsdisposition weiter Teile des Arbeitsgebietes als mäßig bis hoch eingeschätzt.

3. Etappen der visuellen Dechiffrierung und Interpretation von bodenerosiv geschädigten Flächen

Verteilungsmuster innerhalb von landwirtschaftlich einheitlich genutzten Flächen auf Luftbildern spiegeln sowohl räumliche als auch inhaltliche Aspekte der Hetero-

genität der Landschaft wider (Villwock 1983). Bei der Dechiffrierung und Interpretation müssen beide Aspekte weitestgehend methodisch getrennt analysiert werden. Folgende Arbeitsetappen werden als nützlich angesehen:

- A. Photostereoskopisch-morphographische Kartierung unter Einbeziehung themenrelevanter genetischer Aussagen,
- B. spektrometrische Objektanalyse,
- C. densitometrische Bildanalyse,
- D. Interpretation arealer Verteilungsmuster von Grautönen.

Da einerseits innerhalb des Bildes und andererseits von Bild zu Bild die Remissionswerte der Objekte nicht direkt quantitativ vergleichbar sind, ist es nur möglich, Relativaussagen (z. B. geschädigter als), die durch terrestrische Eichungen abzusichern sind (Schröder 1984), zu machen.

4. Zur photostereoskopisch-morphographischen Kartierung

Beträgt das Überdeckungsverhältnis benachbarter Bilder mindestens 60 %, so ist es möglich, gerätgestützt (Spiegelstereoskop, Interpretoskop) die dreidimensionalen Oberflächenformen direkt aus dem Stereomodell zu identifizieren und mit Hilfe einer morphographischen Kartierungslegende nach Kugler (1965) und Stäblein (1978) kartographisch zu fixieren. Dabei spielen spektrale Informationen eine untergeordnete Rolle.

Der Einfluß des Faktors Relief auf den Boden und auf bodenerosive Prozesse ist u. a. bei Richter (1965) und Kugler (1976, 1977) ausführlich beschrieben. Auch Herz (1974) wies auf weitestgehende Arealkongruenz hin. Morphographische Kartierungen stellen somit eine wichtige Grundinformation für Prozeßabläufe in der Landschaft dar

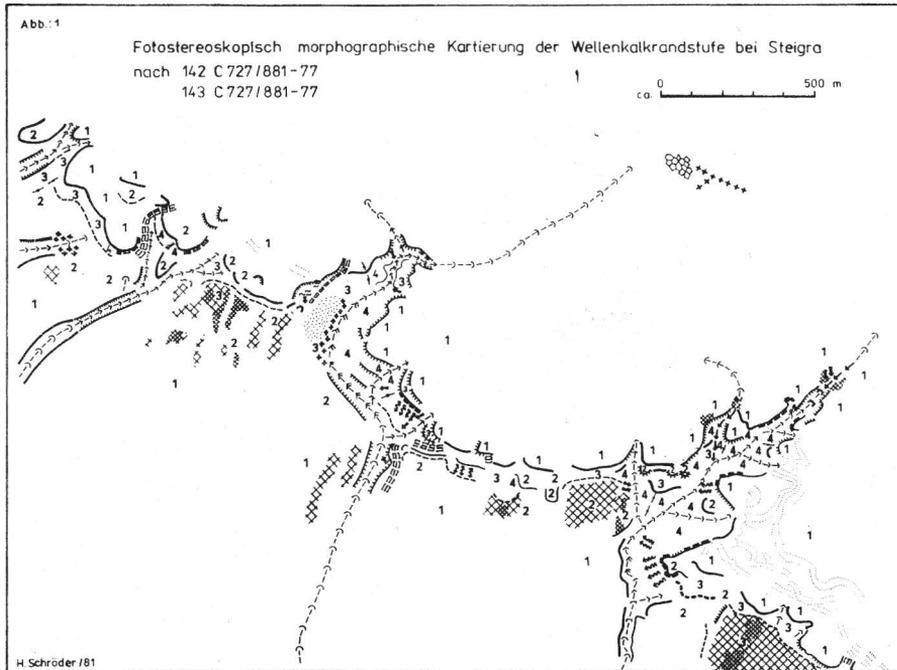


Abb. 1. Photostereoskopisch-morphographische Kartierung der Wellenkalkrandstufe bei Steigra nach 142 C 727/881-77, 143 C 727/881-77

Abb. 2: **Legende zur photostereoskopisch-morphologischen Kartierung**

Themarelevante Objekte u. Merkmale der Erdoberfläche (Deutung-Symbol)	Bezeichnung	Bildmerkmale			Höhen- parallaxe Stereoeffekt	Bildrelevante Objektmerkmale	Interpretierbarkeit von Bild- und Objektmerkmalen min. - max.
		Muster	Textur	Gräuton			
1 2 3 4	Hangneigung oben bis schwach geneigt mäßig geneigt stark geneigt steil		ohne Orientierung ohne Orientierung geringe Orientierung in Fallrichtung starke Orientierung in Fallrichtung	ohne Kontrast geringer Kontrast starker Kontrast überwiegend geringer Kontrast	Null bzw. gegen Null bedingt meßbar schwach ausgepr. meßbar mäßig ausgeprägt meßbar stark ausgeprägt	Neigung der flächenhaften Reliefelemente	Gräutonkontrast Textuelle Orientierung Korrelation mit div. Reliefparam.
	Wölbung stark konvex schwach konvex stark konkav schwach konkav	streng linear linear streng linear linear	oft durch textuellen Wechsel Flächen gekennzeichnet	stark von Gesteins- und Bodeneigenfarbe abhängig	durch stereoskopischen Überhebungseffekt besser als bei der Geländekartierung hervortretend	Krümmungsintensität Farbamplitude zu benachbarten Areale	Formlinienausprägung
	Kanten, Böschungen, Stufen kleine Sprunghöhe große Sprunghöhe	linear linear	Böschungsverlauf / Formgebend diffusparallel hangabwärts gerichtet parallelhangabwärts gerichtet	starker Kontrast extremer Kontrast	stark von Gesteins- und Bodeneigenfarbe abhängig bedingt photogrammetrisch meßbar, Fehlinterpretation durch Überhebungs-effekt	Sprunghöhe, Böschungswinkel Neigung der begleitenden Flächen	Formlinienausprägung
	Tiefenlinien (Täler, Dellen) muldenförmig kastenförmig kerbförmig asymmetrisch	linear verzweigt (tektonisch - lithologisch - bedingt)		geringe Amplitude mäßige Amplitude starke Amplitude	von fossiler u. rezenter Dynamik abhängig	Gerichte Horizont-Position Verbindungslinien der Tiefenpunkte,	Gräutonkontrast textuelle Orientierung der begleitenden Bösch.

	Wasserscheiden Scheitelwasser- scheide Spornwasserscheide						Verbindungs- linien der Höhen- punkte, Position	
	Kleinformen Kuppe Kessel Nische Sporn Hohlweg	linear von individueller Form abhängig				Vollform Hohlform Hohlform Vollform Hohlform	Umriss- Position	
	Fossile Prozeß- spuren Polygone	flächig	netzartig-polygonal	extreme Grautonfrequenz mit geringer Amplitu.			Unterschiedl. Versorg. der Kulturpflanzen	
	Rezente Morpha- dynamik Graben- u. Schluchten- erosion Rutschungen Runsen	linear flächig linear (divergierend)	gegenüber Umgebung gestört gerichtet (z. Tiefenlinie)	einmalige Amplitude hohe Grautonfrequenz	Hohlform Wechsel von Hohl- und Vollform		Erosionsformeninten- sität Abrifkante, Position Formenwechsel, Posit	
	Prozeßbereiche Erosion, Denudation Akkumulation	abhängig von Mesoklimat	diffus, divergierend, streifig, diffus	stark von Gesteins- und Bodenfarbe abhängig			Position Position	
	Störareale schwach stark		Zunahme der Textur überprägung	tendenziell zur Farbe des Ausgangs- gesteins gerichtet			Amplitude zur un- gestörten Fläche	Grautonamplitude
	litholog-strukturell determinierte Bereiche Schwellen, Grenzen	gewunden, geschwungen	diffus	Grautonwechsel			Litholog-strukturelle Gesteinsdifferenzier.	

Tabelle 1. Bodeneigenschaften ausgewählter Bodenmonolithe

Profil Nr.	Probe Nr.	Relief-position	Neigung [°]	Körnung [in % des Feinbodens]			Mächtigkeit d. humosen Oberbodens [cm]	Humusgehalt [%]
				< 0,002 [mm]	0,002–0,06 [mm]	0,06–2 [mm]		
I	1	Oberhang	1,5	23,4	52,4	24,2	50	3,13
	2	Rücken	0	16,8	39,4	44,0	25	1,93
	3	Oberhang	3	20,1	4,99	30,0	25	1,62
II	4	Mittelhang	4,5	20,4	49,4	30,2	15	1,88
	5	Senke	0	24,5	69,0	6,5	180	2,48
	6	Rücken	0	16,9	48,9	34,2	30	1,97
	7	Oberhang	1	17,7	44,8	34,5	20	2,19
III	8	Mittelhang	0	22,4	71,0	6,6	80	2,83
	9	Unterhang	5,5	24,1	62,0	16,8	20	1,66
	10	Hangfuß	0	23,3	56,0	20,7	120	3,09
	11	Unterhang	5,5	22,7	57,9	15,4	—	0,46

Abb. 1 zeigt uns das Kartierungsbeispiel der Wellenkalkschichtstufe nordwestlich von Steigra im Süden der Querfurter Platte (Kartierungsschlüssel vgl. Abb. 2). Es können drei morphologische Einheiten unterschieden werden. Im Südwesten des im Stereobildpaar überdeckten Gebietes befindet sich die Unstrutebene, die hier durch schwach geneigte Hänge (unter 3°) charakterisiert ist. Nur wenige Aussagen über das Relief können in diesem lößgeprägten Niederungsgebiet entnommen werden. Im nordwestlichen Teil der Unstrutniederung ist die Zerschneidung etwas stärker, so daß zwischen Wasserscheiden und Tiefenlinien zu unterscheiden ist. Die größte Informationsdichte liefert die Wellenkalkschichtstufe, die sich nordöstlich an die Unstrutniederung anschließt. Die strukturgenetisch-tektonisch bedingte Vielfalt ermöglicht auf engem Raum die Dechiffrierung wesentlicher im östlichen und südöstlichen Harzvorland vorkommender Reliefparameter (vollständiger Überblick vgl. Abb. 2). Neben den rein morphographischen Ansprüchen können auch Aussagen über die fossile und rezente Morphodynamik und deren Prozeßbereich sowie über lithologisch-strukturelle Erscheinungen gemacht werden. Die dritte morphologische Einheit ist im Nordosten der Querfurter Platte. Die Informationsdichte geht aufgrund der sehr geringen Hangneigung und der substratiellen Homogenität (mächtige Lößdecke) stark zurück.

5. Methodische Untersuchungen zum spektralen Verhalten erodierter und nichterodierter Böden

Jede Bildinformation ist an eine typische Bildschwärzung gebunden. Während sich bestimmte Objekte anhand ihrer charakteristischen Größen-, Lage-, Form- und Texturmerkmale direkt im Bild erkennen lassen (z. B. Relief, siehe Kap. 4.), ist für andere Objekte die stoffliche Zusammensetzung ausschlaggebend. Solche objektspezifischen Merkmale, die zumeist als Merkmalkomplex auftreten, widerspiegeln sich in den spektralen Remissionsdaten.

Der Boden ist eine der Geokomponenten, für die der Grauton im Schwarzweiß- bzw. der Farbton im Farb- oder Farbmischbild primäres Interpretationsmerkmal ist. Das Remissionsverhalten von Böden wird hauptsächlich durch Substrat, Substrateigenfarbe, Kalk-, Humus-, Eisengehalt, Bodenfeuchte und auch Oberflächenrauigkeit bestimmt (Bowers u. Hanks 1964, Gerbermann u. Neher 1979, Riedel 1981). Zur Klärung des Remissionsverhaltens von Lößböden im Untersuchungsgebiet erfolgten detaillierte Untersuchungen zur Spektralcharakteristik und den photographischen Abbildungsbedin-

CaCO ₃ [‰] 1978	1979	Farbe nach lufttrocken	Munsell feucht	Eisen (frei) [‰]	pH-Wert	Bodenform
6,28	6,05	10 YR 4/2	10 YR 3/1	0,66	7,33	Löß-Schwarzerde
7,7	7,73	10 YR 6/2	10 YR 4/4	0,78	7,59	lößbeeinflusste Berglehm-Rendzina
4,06	4,70	10 YR 6/3	10 YR 4/3	0,49	7,29	Löß-Rendzina
3,5	7,06	10 YR 6/3	10 YR 4/3	0,62	7,51	Löß-Rendzina
3,48	1,34	10 YR 5/4	10 YR 3/3	0,68	7,29	Kolluviallöß-Schwarzerde
7,09	10,75	10 YR 7/4	10 YR 4/4	0,59	7,35	lößbeeinflusste Berglehm-Rendzina
3,72	4,7	10 YR 7/2	10 YR 5/2	0,46	7,58	lößbeeinflusste Berglehm-Rendzina
0,78	1,68	10 YR 4/2	10 YR 3/1	0,67	7,09	Löß-Schwarzerde
1,12	11,09	10 YR 6/3	10 YR 4/3	0,66	7,04	Löß-Rendzina
2,51	2,02	10 YR 4/2	10 YR 3/1	0,70	7,31	Kolluviallöß-Schwarzerde
—	13,78	10 YR 7/4	10 YR 5/6	0,53	7,15	Löß-Rendzina

gungen ausgewählter Testproben. Ihre Ergebnisse lassen sich nur bedingt auf das Luftbild transformieren, da die remittierte Strahlung durch atmosphärische Einflüsse modifiziert wird.

5.1. Spektrometrie

Die Untersuchungen an reliefbedingt bodenerosiv differenzierten Löß-Standorten und vergleichsweise an lößbeeinflussten Verwitterungsböden auf Buntsandstein (Tab. 1) lassen eine geringe spektrale Differenzierung erwarten, da bei gleichem Ausgangssubstrat eine der Haupteinflußgrößen der Remission eliminiert wird. Humus, Kalkgehalt und Bodenfeuchte sollen hinsichtlich ihres Einflusses auf die Remissionsdaten untersucht werden.

5.1.1. Methodik

Die Proben wurden unter weitestgehend naturnahen Bedingungen spektrometriert (unzerstörtes Bodengefüge, Ausschluß des Einflusses von Hangneigung und Exposition). Das verwendete Feldspektrometer mißt quasikontinuierlich von 0,4–1,0 µm an 34 Meßstellen bei einem Öffnungswinkel von 1° mit einer Meßgenauigkeit von ± 2‰ relativ zur extraterrestrischen Solarstrahlung (Standardkurve NASA/ASTM). Das Gerät mißt die Bestrahlungsstärke einer punktförmigen Strahlungsquelle (Sonne). Die einstrahlungsabhängige spektrale Strahldichte R_B (in $\mu\text{Wcm}^{-2}\text{nm}^{-1}\text{sr}^{-1}$) kann unter Berücksichtigung der Globalstrahlung (G) in den spektral gerichteten Reflexionsgrad ρ (\triangleq Albedo) umgerechnet werden
$$\rho = \frac{R_B \cdot \pi}{G}$$

5.1.2. Ergebnisse

Die Abb. 3 zeigt den spektral gerichteten Reflexionsgrad ausgewählter Testproben bei weitestgehendem Ausschluß des Einflusses der Bodenfeuchte (2–5 Gew.-%) und vergleichsweise bei höherem Feuchtegehalt (20–25 Gew.-%).

Der insgesamt geringe Reflexionsgrad mit 3–7‰ bei 400 nm steigt monoton auf 16–24‰ bei 1 000 nm; zwei steilere Anstiege bei 540/550 nm und 720–740 nm sind bei allen Proben deutlich sichtbar. Insgesamt ist von Kanal 1 bis 6 der Multispektralkamera MKF-6 der Anstieg für die feuchten und damit dunkelsten Proben am geringsten (von 3–4‰ auf 16‰), für die Schwarzerdeproben deutlich größer (von 4,5‰ auf

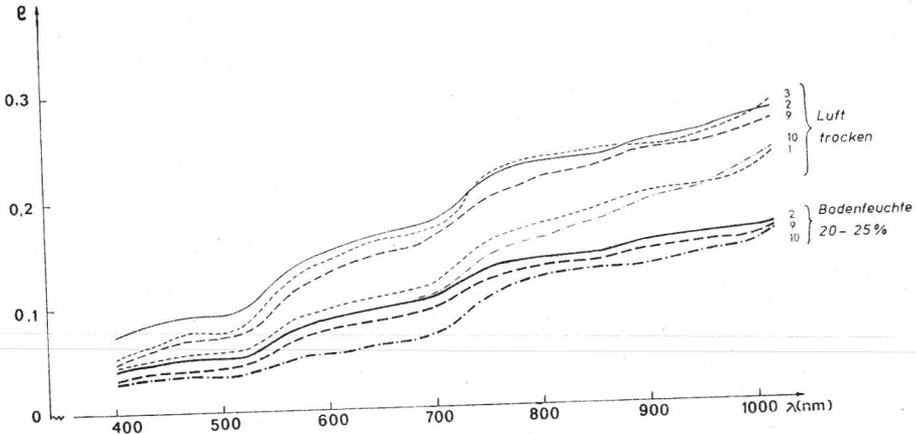


Abb. 3. Spektral gerichteter Reflexionsgrad ausgewählter Bodenmonolithe

21–24 %) und für die hellen Löß-Rendzinen und Berglehm-Rendzina am größten (von 5–7 % auf 26–30 %). Die Kanäle 1 und 2 weisen so geringe Unterschiede auf, daß sie für die Bodendifferenzierung ungeeignet sind. In den Kanälen 3 und 4 ist neben einem Ansteigen der Reflexion vor allem eine Vergrößerung des Kontrasts der Kurven zu verzeichnen, wodurch sie für die Fragestellung wesentlich besser geeignet sind. Im Kanal 6 sind die Proben am besten voneinander zu trennen; insbesondere ist die Trennung erodierter Schwarzerden und Berglehm-Rendzinen verbessert. Der Einfluß des Humusgehaltes auf die Remission ist relativ gering. Einerseits sind die Humusunterschiede mit 2 % gering und wirken auf Löß nicht so stark farblich verändernd wie z. B. auf Sand. Andererseits wird ihr Einfluß überdeckt durch variierenden Kalkgehalt. Beide Komponenten verhalten sich hinsichtlich ihres Einflusses auf die Remission gegenläufig (steigender Kalkgehalt – wachsende Remission, steigender Humusgehalt – sinkende Remission) und können deshalb nur gemeinsam betrachtet werden. Bei feuchten Proben wird die Remission stark reduziert; andere Bodenparameter werden dadurch hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Remission stark überdeckt.

Mit der genannten Methode können auch geringfügige Remissionsunterschiede erfaßt werden; die Ergebnisse erlauben eine detailliertere Untergliederung der Böden, als es die visuelle Einschätzung nach Munsell erlaubt.

5.2. Phototest

Anhand der Spektrometriierungsergebnisse lassen sich grundlegende Aussagen über die Spektralcharakteristik der Testböden ableiten. Die Untersuchung der Abbildungsbedingungen dieser Proben in multispektralen, speziell MKF-6-Aufnahmen ist ein weiterer Schritt zur Erkennung der Aufzeichnungsbedingungen von Böden in Luftbildern.

5.2.1. Methodik

Die Testproben wurden bei natürlichem Licht (diffuse Beleuchtung) mit einer 9×12 cm-Plattenkamera und dem MKF-6-Filtersatz an unterschiedlichen Tagen mit variierender Bodenfeuchte photographiert. Weitestgehend konstante Filmentwicklungsbedingungen und ein mitphotographierter Graukeil erlauben eine quantitative Auswertung des Photomaterials. Über eine mit Hilfe des Graukeiles erstellte Eichkurve werden die gemessenen Negativschwärzungen in Positivwerte umgerechnet. Die Ausmessung der Photoplatten erfolgt durch Abtastung des Negativmaterials mittels Trommelscanners des Photomation P 1700 (Firma Optronics, USA). Für 1 cm^2 Filmfläche

wurden pro Probe 10 000 Mefswerte ermittelt und das arithmetrische Mittel errechnet. Dadurch kann der Einfluß der Oberflächenrauigkeit weitestgehend eliminiert werden.

5.2.2. Ergebnisse

Abb. 4 zeigt die Ergebnisse des Testes in Kanal 4 in Abhängigkeit von der Variation der Bodenfeuchte. Dabei läßt sich eine Gruppierung in 3 Klassen vornehmen: Löß-Schwarzerden einschließlich Kolluviallöß-Schwarzerden; Löß-Rendzinen und lößbeeinflußte Berglehm-Rendzinen; Löß. Innerhalb dieser Gruppen treten tage- und kanalweise Schwankungen auf, die keinen definierten funktionalen Zusammenhang zwischen Schwärzungswerten und Bodenparametern erkennen lassen. Die Feuchte ist die vorrangige Steuergröße.

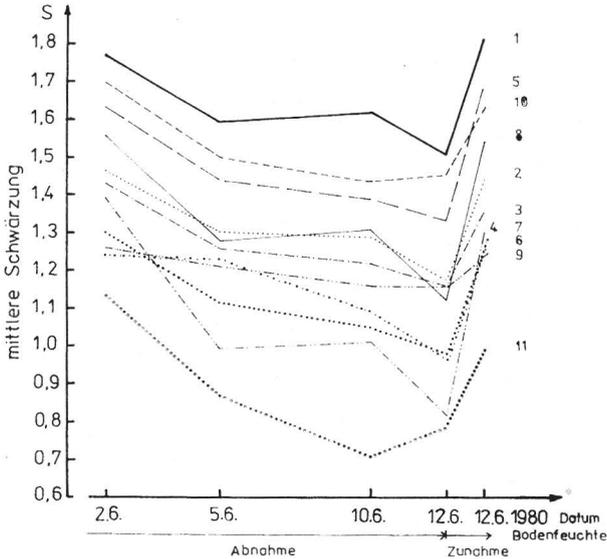


Abb. 4. Mittlere Schwärzung ausgewählter Bodenproben im Kanal 4 (Messung: digital)

Mit dem Phototest konnten die Ergebnisse der Strahldichtemessung zum Teil auch im Photo nachgewiesen werden. In Abhängigkeit von den Film-/Filtereigenschaften und den damit verbundenen Aufzeichnungsbedingungen lassen sich beispielsweise Löß-Rendzinen und Berglehm-Rendzinen nicht voneinander trennen, ebenso wie die Schwarzerden und Kolluvialschwarzerden. Dies ist ein Hinweis, daß allein anhand der Filmschwärzung nicht immer eindeutige Interpretationsergebnisse zu erzielen sind; sie können jedoch bei einer landschaftsbezogenen Luftbildinterpretation (landschaftlicher Zusammenhang, Reliefinterpretation, Vergleich mit thematischen Karten) modifiziert werden.

6. Erkennbarkeit von Merkmalen geschädigter Areale im Luftbild

Die spektralen Remissionsmessungen unbedeckter Böden ergaben auf Teststandorten eine Differenzierungsmöglichkeit von stark und extrem stark geschädigten Arealen einerseits und mäßig bis schwach bzw. nicht geschädigten Arealen andererseits mit Hilfe der Bildmerkmale Grautonkontrast und areales Verteilungsmuster. Der Bodenformenkontrast bewegt sich dabei auf Standorten mit mächtiger Lößdecke von der typischen

Löß-Schwarzerde zur Löß-Rendzina; auf skelettreichen Verwitterungsprodukten des Wellenkalkes von der Lößkerf-Schwarzerde zur Schutt- bzw. Fels-Rendzina und auf Standorten der lößbeeinflussten Verwitterungsprodukte des Mittleren Buntsandsteines von der Löß-Parabraunerde zum Bergsalm-Ranker.

6.1. Standorte mit mächtiger Lößdecke

Das generalisierte 256teilige Histogramm der Abb. 5 zeigt eine Kurve mit einem primären und einem sekundären Maximum. Das primäre Maximum umfaßt die Grautonstufen 158–182 und zeigt die auf dem Testschlag weitverbreiteten und in ihrer Remission sich nicht unterscheidenden Löß-Schwarzerden und Kolluviallöß-Schwarzerden bzw. Kolluviallöß-Schwarzgleye an. Von diesem getrennt liegt ein deutlich helleres Maximum zwischen den Stufen 142–146. Dies widerspiegelt vor allem die Bereiche, von denen der A_h -Horizont abgetragen ist und der deutlich heller reemitierende C-Horizont (Lößeigenfarbe) standortprägend wird. Die Grautonverteilung korreliert streng mit dem Reliefparameter Hangneigung und weist bei konvexen Hangformen einseitig konzentrische Verteilungsmuster auf.

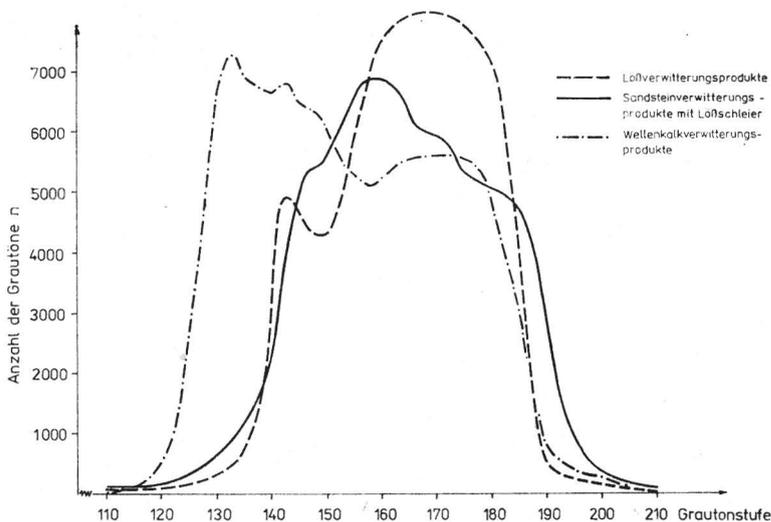


Abb. 5. Generalisierte 256teilige Histogramme (Kanal 4) von bodenerosiv geschädigten Testflächen des östlichen und südlichen Harzvorlandes

6.2. Standorte mit Verwitterungsprodukten des Mittleren Buntsandsteins

Die Kurve des Histogramms bestätigt die in Kap. 5. gemachten Angaben. Geschädigte Standorte auf mit Lößschleiern bedeckten Verwitterungsprodukten des Mittleren Buntsandsteins lassen sich nur mit Hilfe des Grautones nicht ausgliedern, die stereoskopische Reliefansprache und das areale Verteilungsmuster müssen als Ansprachekriterien mit herangezogen werden. Die Deutung der geringfügigen Abweichungen von der Normalverteilung ist problematisch. Die Unstetigkeit auf dem ansteigenden Ast (heller) könnte ein geringes Maximum (Grautonstufen 146–148) im Bereich der extrem geschädigten Standorte (Bergsalm-Ranker) konfigurieren. Umgekehrt wäre eine ähnliche Erscheinung (Grautonstufen 166–174) auf dem abfallenden Ast der Kurve (dunkler) mit der Verbreitung humusreicher Löß-Bodenformen parallelisierbar. Die Abweichungen sind insgesamt jedoch zu gering, um endgültige Entscheidungen zu treffen.

6.3. Standorte mit Verwitterungsprodukten des Wellenkalkes

Die Histogrammkurve zeigt ein primäres und sekundäres Maximum in sehr hellen Bereichen (Grautonstufen 130–135 und 141–143). Hierbei handelt es sich um die in den Testflächen weitverbreiteten Bodenformen Schutt-Rendzina und Tonmergel-Rendzina. Die Differenzierungen innerhalb der sehr stark remittierenden Böden erfolgt weitestgehend durch die Skelettbedeckung. Je stärker die Skelettbedeckung, desto stärker die spektrale Remission. Das dritte Maximum im dunkleren Bereich (Grautonstufen 163–178) ist durch die Verbreitung von Kolluvialschluff-Schwarzerden und Kolluvialschluff-Schwarzgleyen am Hangfuß und in der Senkenlage gekennzeichnet.

7. Diskussion der Ergebnisse

Die Histogrammkurven sind nicht direkt miteinander vergleichbar, da jedem Bild eine andere durchschnittliche Helligkeit zugrunde liegt. Innerhalb der Kurven können allerdings Rückschlüsse auf bestimmte Verteilungsmechanismen gezogen werden, die jedoch nur durch das areale Verteilungsmuster der Grautöne und unter Einbeziehung der Reliefparameter zu Standortaussagen führen können. Sind die Unstetigkeiten im Kurvenverlauf gering, so schwanken die Parameter der Krumenfarben (Humus-, Kalk-, Eisen-, Mangangehalt, Bodeneigenfarbe, Feuchtigkeit u. a.) nur unwesentlich. Sind allerdings deutliche Schwankungen zu registrieren, so weist die Kombination der Einzelparameter größere Amplituden auf. Der horizontale Abstand der einzelnen Unstetigkeiten ist bei einer mächtigen Lößdecke und bei den Verwitterungsprodukten des Wellenkalkes direkt proportional der Arealschädigung durch bodenerosive Abtragungsprozesse. Trotz stärkerer Schädigung konnte dieser Kausalzusammenhang bei schwach lößbedeckten Verwitterungsprodukten auf Mittlerem Buntsandstein auf Grund der geringen Krumenfarbenamplituden nicht nachgewiesen werden. Die inhaltliche Lösung (Bodenformenansprache) kann nicht durch die Interpretation von Bildmerkmalen vollzogen werden, sondern muß durch terrestrische und laboranalytische Eichungen bzw. durch Interpretation von Sekundärinformationen (geologische Karte, MMK, Reichsbodenschätzung u. ä.) erfolgen.

Multispektrales Bildmaterial stand nur für etwa 10 % der Gesamtfläche zur Verfügung. Eine Abschätzung des Anteils der geschädigten Flächen erfolgte deshalb mit panchromatischen Reihenmeßbildern, die von etwa 80 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche vorlagen. Danach ist auf Standorten mit mächtiger Lößdecke, die etwa die Hälfte der LN einnehmen, bei 10 % der Flächen mit stärkeren Schäden zu rechnen; auf Standorten mit gering mächtiger Lößdecke und bei Sandstein-Verwitterungsprodukten (etwa 4/10 der LN) beträgt der Anteil der vergleichbaren Areale 30–40 %. Die stärksten Schäden treten an der Wellenkalkschichtstufe (jedoch nur 1/10 der LN) auf. Hier nehmen die geschädigten Areale eine Grundfläche von etwa 60–80 % ein.

Schrifttum

- Bowers, S. A., und R. J. Hanks: Reflection of radiant energy from soils. *Soil Sci.* **100** (1964) 130–139.
- Flegel, R.: Die Verbreitung der Bodenerosion in der Deutschen Demokratischen Republik. *Bodenkd. u. Bodenkultur* **6** Leipzig (1958).
- Gerbermann, A. H., und D. D. Neher: Reflectance of Varying Mixtures of a Clay Soil and Sand. *Photogrammetric Engineering and Rem. Sens.*, **45** (1979) 1145–1151.
- Grunert, F.: Wassererosionsschutz und Verhinderung von Kaltluftschäden auf landwirtschaftlichen Nutzflächen durch Flurgehölze. Institut f. Forstwiss., Eberswalde-Finow (1972).
- Herz, K.: Strukturprinzipien der Landschaftssphäre. *Geogr. Ber.* **19** (1974) 100–108.

- Kugler, H.: Aufgaben, Grundsätze und methodische Wege für großmaßstäbiges geomorphologisches Kartieren. *Peterm. Geogr. Mitt.* (1965) 241–257.
- Kugler, H.: Geomorphologische Erkundung und agrarische Landnutzung. *Geogr. Ber.* 21 (1976) 190–204.
- Kugler, H.: Relief und Boden. Aufgaben und Bedeutung mittelmaßstäbiger geomorphologischer Erkundung und Kartierung. *Hall. Jb. f. Geowiss.* 1, Gotha/Leipzig (1977) 45–50.
- Masuch, K.: Häufigkeit und Verteilung bodengefährdender sommerlicher Niederschläge im Bereich der DDR. *Acta hydrophysica* 4 (1957/1958).
- Richter, G.: Bodenerosion – Schäden und gefährdete Gebiete in der Bundesrepublik Deutschland. *Forsch. z. dt. Landeskunde* 152 (1965).
- Riedel, C.: Untersuchungen zur bodengeographischen Interpretation von multispektralen Luftbildern. *Diss. Halle* (1981).
- Schröder, H.: Qualitative und quantitative Untersuchungen zur Erfassung der bodenerosiven Abspülung. – Dargestellt mittels Testuntersuchungen im Einzugsgebiet der Weida (Pegel Stedten). *Diss. Halle* (1982).
- Schröder, H.: Visuelle Luftbildinterpretation als Methode zur Erfassung der arealen Verteilung bodenerosiver Abspülungen im südöstlichen Harzvorland. *Hall. Jb. f. Geowiss., Gotha/Leipzig* 1984 (im Druck).
- Schröder, H.: Zur Erfassungsmethodik und zum Ausmaß bodenerosiver Abspülungen auf Hanglagen im südöstlichen Harzvorland – Raum Querfurt (Bezirk Halle). *Hall. Jb. f. Geowiss., Gotha/Leipzig* 1985 (im Druck).
- Stäblein, G. (Hrsg.): Geomorphologische Detailaufnahme. Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm I. *Berliner Geogr. Abh., Berlin (West)* 30 (1978).
- Villwock, G.: Untersuchungen zur Ermittlung von Merkmalen der standörtlichen Heterogenität landwirtschaftlicher Nutzflächen mit Methoden der Geofernerkundung. *Diss. Halle* (1983).
- Wetzels, D.: Über die Erosionsgefährdung der Böden der DDR. *Inst. f. Wasserw., Cottbus* (1979).

Dr. rer. nat. Cornelia Riedel
Dr. rer. nat. Hilmar Schröder
Sektion Geographie
der MLU Halle-Wittenberg
Wissenschaftsbereich Physische Geographie
DDR - 4010 Halle (Saale)
Domstraße 5