

Untersuchungen zur Bodenerosion in der Kaffeeregion Soconusco/Südmexiko*

VON

ANDRÉ HAGEDORN

mit 8 Abbildungen und 2 Tabellen

1 Rahmen und Anliegen der Arbeit

Die Erforschung der Intensität von Abtragsvorgängen ist unter mitteleuropäischen Klimabedingungen vor allem durch die Weiterentwicklung der Feldmeßmethodik charakterisiert. Dabei hat sich insbesondere die Messung von Erosionsleistungen mit möglichst genau definierten Randbedingungen auf Testflächen bewährt (SCHMIDT 1979; SCHRÖDER 1982, 1985; SCHAUB 1989; PRASUHN 1991; SCHRÖDER, LÖWA, BERGNER 1993). Flächenbilanzierungen werden allerdings auch in Mitteleuropa oft mit Fernerkundungsdaten durchgeführt (SCHRÖDER 1992; WIESER 1992). Unter tropischen Klimabedingungen ist Bodenerosionsforschung nur in vergleichsweise wenigen Fällen zur Anwendung gekommen (HURNI 1975; WEGENER 1977; GEROLD 1983; SCHIEBER 1983; KRONEN 1989; SANTOSA 1989). Überwiegend handelt es sich dabei um Kartierungen, Berechnungen und Testmessungen. Der vorliegende Artikel soll einen Beitrag zur Übertragung der unter mitteleuropäischen Klimabedingungen bewährten Feldmeßmethoden in den Raum des süd mexikanischen Staates Chiapas leisten und damit Aussagen ermöglichen, inwieweit unter tropischen Klimaverhältnissen derartige Methoden angewandt werden können. Die um ein Vielfaches höheren Niederschläge (vgl. Abb.2) erfordern von Anfang an eine Reduzierung der Testflächengröße, wie sie von WISCHMEIER und SMITH (1978) als Normgröße für außertropische Klimabedingungen vorgeschlagen wurde und gegenwärtig u.a. im Mitteldeutschen Trockengebiet angewendet wird (SCHRÖDER, LÖWA, BERGNER 1995).

*1) Von März bis September 1994 habe ich als wissenschaftliche Hilfskraft von Prof. M. Richter und Prof. H. Schröder (beide Institut für Geographie der Universität Erlangen-Nürnberg) im Rahmen eines Projektes des Tropenökologischen Begleitprogrammes (TÖB) der Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) Feldarbeiten in der Region Soconusco in Südmexiko durchgeführt. Der GTZ möchte ich hiermit für die finanzielle Unterstützung des Projektes danken. Die vor Ort gewonnenen Daten und genommenen Bodenproben stellen die Basis für meine Diplomarbeit mit oben genanntem Thema dar, die nach Auswertung aller Laboranalysen und Vergleich meiner Ergebnisse mit Untersuchungen anderer Autoren aus der Literatur ab erstem Quartal 1996 vorliegt. Meine Arbeit reiht sich dabei in eine Folge von Zulassungs- bzw. Diplomarbeiten ein, die im letzten Jahrzehnt durch die Anregung von Prof. Richter und die wohlwollende Unterstützung vor Ort seitens Walter Peters Grethers, des Besitzers der Kaffee-Finca "Irlanda", in diesem Gebiet entstehen konnten. Es entstanden u.a. Monographien zum Kaffeeanbau allgemein, den Problemen des Intensiv-Anbaues, Möglichkeiten, Epiphyten als Standortindikatoren sowie die Wildkrautflora als Indikator für die Bewirtschaftungsform von Kaffeeplantagen zu nutzen.

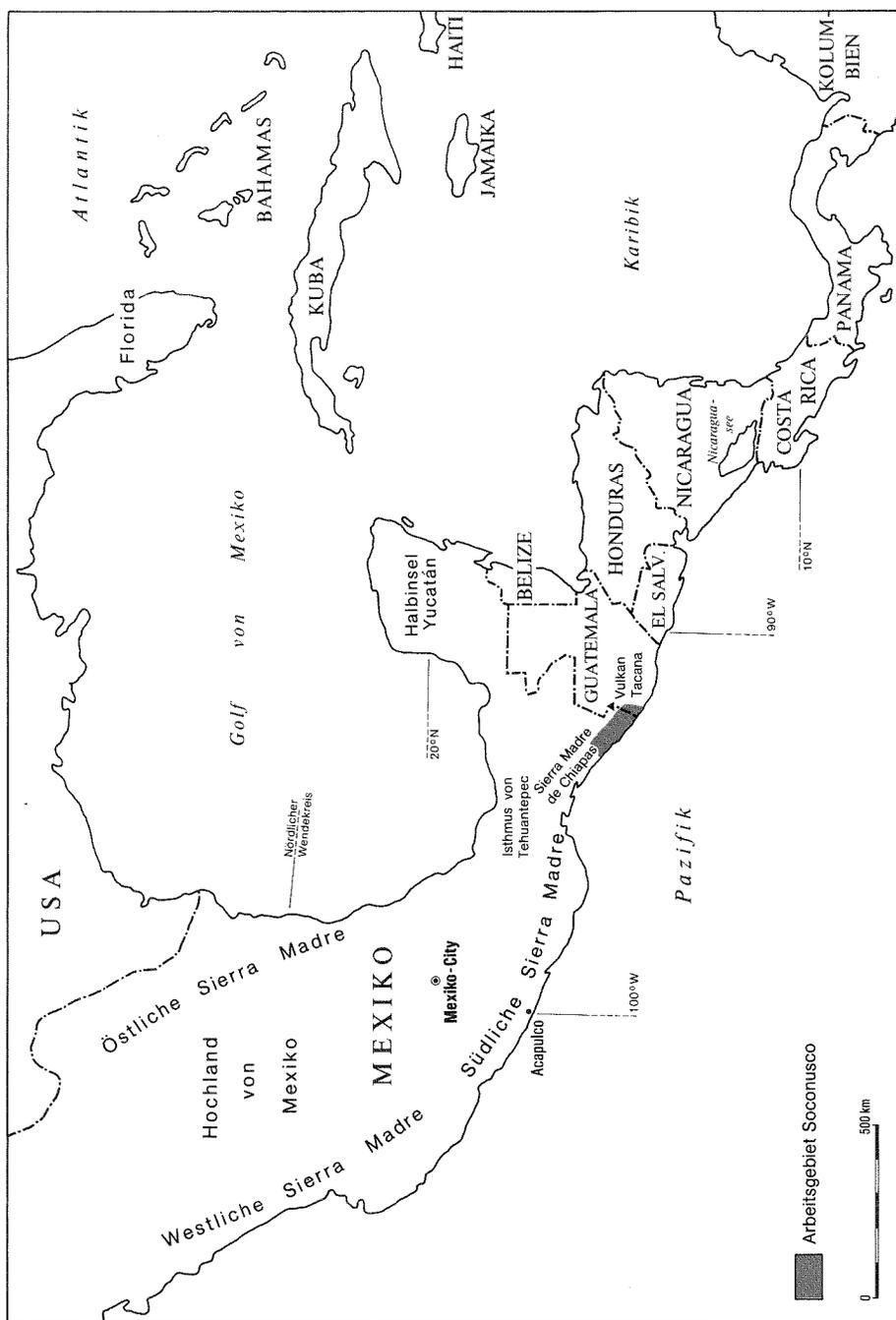


Abb.1: Die Lage des Arbeitsgebietes in Zentralamerika

Des weiteren hatte der halbjährige Aufenthalt in Mexiko logistische Probleme bzw. Beschränkungen zur Folge. Die gerätetechnische Ausstattung und die Anzahl der Bodenproben mußten aufgrund des Einzelaufenthaltes vom Umfang her beschränkt bleiben. Täglich durchzuführende Messungen am Ort verhinderten die Bearbeitung mehrerer Teilgebiete der Region.

2 Das Untersuchungsgebiet

Der Großteil der Arbeiten wurde auf dem Gebiet der Kaffee-Finca "Irlanda" in Höhen von ca. 900 bis 1200 m durchgeführt. Diese befindet sich im äußersten Südosten Mexikos im Bundesstaat Chiapas ca. 25 km westlich des ca. 4100 m hohen Vulkanes Tacana, der auf der Grenze zu Guatemala liegt. Die Region des Soconusco ist u.a. eines der mexikanischen Kaffeeanbaugebiete, gelegen an der Südwestabdachung der Sierra Madre de Chiapas, welche sich parallel zur Pazifikküste als erste Kette der Kordilleren östlich des Isthmus von Tehuantepec erhebt, somit der erste Gebirgszug Mittelamerikas ist. Die Lage des Soconusco in Zentralamerika zeigt Abb. 1. Eine detaillierte Einführung in den Raum geben u.a. HELBIG (1961) und RICHTER (1986).

Das Arbeitsgebiet liegt etwa bei 15° nördlicher Breite und 92,5° westlicher Länge. Diese Lage und die Orographie bestimmen das Klima. Da die mittleren Kammhöhen der Sierra über 2000 m, die Gipfel oft über 2500 m erreichen, stellt das Gebirge eine Wetterscheide mit starken Staufunktionen dar. Besonders für die trockenzeitlichen Nordostpassate vom Golf von Mexiko bildet es eine wirksame Barriere, da diese im rechten Winkel auf die Gebirgskette treffen und Niederschläge verursachen. Daher sind die Nordostseiten der mittelamerikanischen Gebirge auch (voll-)humid. Im Untersuchungsgebiet auf einer Südwestabdachung treten dagegen von Dezember bis Februar föhnähnliche trockene Fallwinde ("Nortes") auf, die die Wirkungen der vier ariden Monate Dezember bis März strichweise verschärfen können. Die Regenzeit umfaßt die Monate Mai bis Oktober mit insgesamt 85% des Jahresniederschlages bei über 450 mm Regen je Monat. Die durchschnittliche Höhe der Monatsniederschläge der letzten 30 Jahre und der Niederschläge im Meßzeitraum auf Finca Irlanda (1080 m) zeigt Abb. 2. Klimatisch ist nach der LAUER'schen Klassifikation von semihumiden Warmtropen zu sprechen (A2sh), die Zuordnung nach KOEPPEN ist Amwgi (MEYERS 1993:40).

Die Ansprache der Böden ist durch die uneinheitlichen Klassifizierungsparameter und die Verschneidung von Grundbodentypen im Gebiet verschieden möglich. In Anlehnung an Deinlein (1992:66) können entsprechend der FAO-Nomenklatur im Arbeitsgebiet humic Andosols, andic Cambisols, ferralic Cambisols und ferralic Acrisols vermutet werden. Die von mir aufgenommenen Bodenprofile bestätigen das im wesentlichen. Deutliche BV-Horizonte weisen auf verbreitete Verbraunung hin. Die ferralitische (tropische) Bodenbildung ist durch das gemäßigte Gebirgsklima

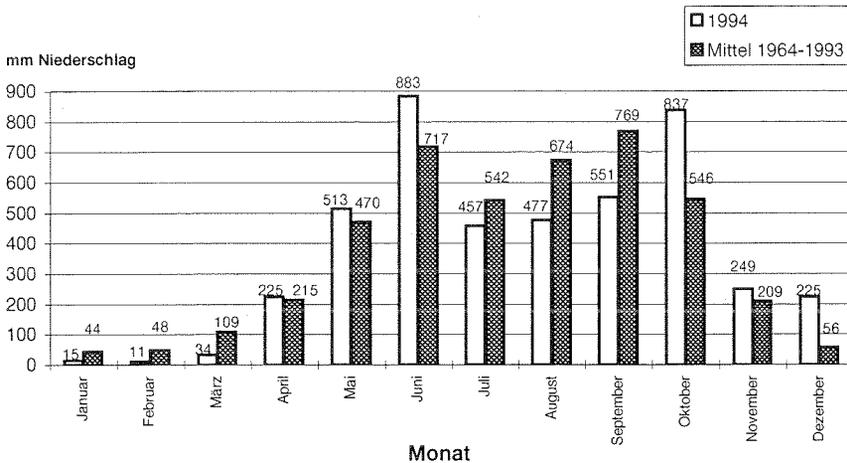


Abb.2: Vergleich der Niederschläge auf Finca Irlanda im Meßzeitraum mit dem 30 - jährigen Mittel

zurückgedrängt, wobei Weganschnitte teilweise intensiv rotgefärbte BS-Horizonte freilegen. Für die meisten Fälle scheint die Ansprache als BSV die Mischform gut zu charakterisieren. Aufgrund der hohen Niederschläge von um 4500 mm im Jahr sind auch Verschlämmungsprozesse (Lessivierung) bei Ton zu erwarten, die zum unserer Parabraunerde verwandten Acrisol führen. Die angelegten Bodenprofile lassen bei der Korngröße jedoch keine einheitliche Zunahme des Tongehaltes mit der Profiltiefe erkennen, die für eine allgemeine Tonverlagerung sprechen würde. Die andic-Komponente ist durch das vulkanitische Ausgangsgestein bedingt, das im bearbeiteten Gebiet oberhalb 800 m fast flächendeckend den granitisch-dioritischen Gebirgssockel bedeckt. Jüngere vulkanische Ablagerungen beschränken sich aufgrund der großen Entfernung zu den rezent aktiven Vulkanen auf Ascheschichten im dm-Bereich z.B. die vom Ausbruch des Sta. Maria in Guatemala 1902 (WAIBEL 1933:34).

Die in der hohen Erdbebenhäufigkeit zum Ausdruck kommende fortgesetzte Hebung der Sierra Madre de Chiapas hat ein starkes Einschneiden der Täler zur Folge, zumal der Gebirgsfuß als lokale Erosionsbasis hier nur etwa 10 km entfernt ist und ca. 1000 m tiefer liegt. Die hohe Reliefenergie und Zerschneidung des Gebirges (Sierra = span.: Säge) führt zu einer extremen Kleinkammerung des Gebietes. So bilden auch Mikroklima und Bodenverhältnisse ein Mosaik verschiedenster Ausprägungsformen je nach Hanglage, Exposition usw.

Die agrare Nutzung ist im Untersuchungsgebiet in Höhen von 300-1400 m vom Kaffeeanbau dominiert. Oberhalb etwa 600 m herrscht der hochwertigere Hochland-

Kaffee *Coffea arabica* vor, der zum guten Gedeihen eine teilweise Beschattung benötigt und deshalb unter Schattenbäumen angebaut wird, was eine einfache Form der Agroforstwirtschaft darstellt. Das Land ist größtenteils in Großgrundbesitz, dessen Maximalfläche nach der letzten Bodenreform 300 ha pro Person beträgt. Die Besitztümer sind auf der Basis der Fincas bewirtschaftet, die den Hacienden des Tieflandes vergleichbare Landgüter sind. Auf einigen Flächen wird mittlerweile seit über 100 Jahren Kaffee angebaut, die flächenhafte Ausweitung der Plantagen erfolgte v.a. Anfang dieses Jahrhunderts.

Die in den 60er Jahren einsetzende "Grüne Revolution" hat zu tiefgreifenden Veränderungen des traditionellen Anbausystemes geführt (vgl. RICHTER 1987, 1992). Schattenbäume wurden gerodet oder reduziert, Herbizide ausgebracht, um die Licht- und Nährstoffkonkurrenz zu minimieren. Volle Besonnung tolerierender Robusta-Kaffee und andere Hochleistungssorten bzw. -varietäten wurden favorisiert. Mineraldünger sollten die Erträge weiter steigern. Anfängliche Erfolge konnten nur in den ersten Jahren nach der Intensivierung die Degradierung des Bodens unbeachtet lassen. Nach einem Jahrzehnt war an exponierten Stellen die Bodenzerstörung nicht mehr zu übersehen, die flächenhafte Degradierung ging weiter. Zurückgehende Erträge wurden durch ständig ausgeweitete Mineraldüngergaben zu stabilisieren versucht. Fehlende Schattenbäume und Herbizideinsatz führen stets zu einer geringeren Menge an Bestandsabfall, so daß kaum Humus neugebildet werden kann. Durch Abbau und Abtrag des Humushorizontes sinkt die Sorptionskapazität des Bodens für Wasser und Nährstoffe. Nach Verlust des Ah-Horizontes kann der Ertragsausfall nicht mehr aufgehalten werden. Übersteigen die Kosten die Erlöse, können die Aufwendungen für die Agrochemikalien nicht mehr aufgebracht werden. Nach Aussetzen der Herbizidbehandlung setzt eine Vergrasung und Verbuschung der Intensivflächen ein. Unter günstigen Voraussetzungen kann dann eine langsame "Erholung" des Bodens erfolgen.

Eine gewisse Ausnahme bildet die Finca Irlanda, auf welcher der Intensiv-anbau nie praktiziert wurde. Diese Finca bewirtschaftet ihre Flächen nach wie vor traditionell unter relativ dichtem Schatten. Seit 1963 ist vom Demeter-Bund Deutschland für ausgewählte Flächen der biologisch-dynamische Anbau zertifiziert (bescheinigt), der für höchste Ansprüche des ökologischen Anbaus steht. Auf chemische Pflanzenschutzmittel (Insektizide, Fungizide, Nematizide) und Mineraldünger wird völlig verzichtet. Die Düngung basiert auf Kompost, der aus vielen Zutaten selbst hergestellt wird, und Dolomitkalk. Für die biologische Schädlingsbekämpfung werden Schlupfwespen gezüchtet. So ist ein nachhaltiger Anbau möglich, der eine Nutzung des Bodens im Prinzip auf Dauer ermöglicht. Bezüglich der Anbauverfahren von Kaffee in der Region vgl. SCHIEGL (1990) und WEBER (1994:12).

3 Durchgeführte Arbeiten

Die Bewirtschaftungsverhältnisse 1994 stellten für die geplanten Arbeiten ein erhebliches Problem dar. Es waren Paralleluntersuchungen zu Bodenerosion, Interzeption und Splash auf traditionell und intensiv bewirtschafteten Kaffeeplantagen durchzuführen. Intensiver Anbau mit Herbizideinsatz erfolgte jedoch in für die täglichen Messungen erreichbarer Entfernung im Untersuchungszeitraum nicht. Daher konnten die erwarteten "Negativergebnisse" nicht auf realen Flächen gemessen werden. Mit Vorbehalt blieb nur der Weg des Simulierens der Verhältnisse von mit Herbiziden behandelten Flächen. Die so gewonnenen Werte müssen dementsprechend mit größter Vorsicht interpretiert werden.



Abb.3: Ansicht von Erosionsmeßparzelle 5 mit Ablaufblech und Auffangeinrichtung für Oberflächenabfluß und Bodenabtrag

Für die Messung des Oberflächenabflusses und der durch diesen verursachten Bodenabspülung wurden 5 m² große Testparzellen (5 m lang und 1 m breit) mit dicken Bambusstämmen bzw. Blechen abgegrenzt. Eine Beschränkung auf diese recht kleine Fläche war erforderlich, da als Auffanggefäße für den Abfluß nur 100 l-Wasserbottiche zur Verfügung standen und mit den recht einfachen Mitteln vor Ort keine genau arbeitenden Teilungsmechanismen konstruiert werden konnten, die z.B. genau ein Fünftel von Wasser und Sediment in die Auffangvorrichtung überleiten würden. Abb. 3 zeigt Testfläche 5 mit Ablaufblech und Auffangbehälter (normalerweise abgedeckt).

Da statistisch einige Male im Jahr Niederschlagsereignisse von über 100 mm auftreten, bestand die Gefahr, daß gerade diese wichtigen Ereignisse durch Überlaufen der Auffanggefäße hinsichtlich Oberflächenabfluß nicht quantifiziert werden konnten. Sehr problematisch ist die mit 5 m geringe effektive Hanglänge der Testflächen. Das hat zur Folge, daß sich bei Starkniederschlägen aus anfänglicher Flächenspülung auf diese geringe Distanz kaum deutliche lineare Erosionsformen wie Rillen und Rinnen aus gescharten Mikrorillen „entwickeln“ können. Es zeigte sich, daß Rillenbildung bei 20° Hangneigung erst nach mehr als 2 m einsetzt. Damit bleibt die Erosionsleistung geringer als am „freien Hang“. Andererseits konnten im Arbeitsgebiet, abgesehen von entblößten Rutschungsflächen, kaum größere lineare Erosionsformen wie z.B. Rinnen beobachtet werden.

Für die Vergleichbarkeit der Standorte mußte eine einheitliche Hangneigung der Testflächen gewählt werden. Hierbei war ein Kompromiß zwischen angestrebter Repräsentativität und den Möglichkeiten der Meßeinrichtungen zu suchen. Der zu erwartende Oberflächenabfluß steigt für gewöhnlich mit der Neigung (bei sonst gleichen Verhältnissen!). Kaffee wird an bis zu 45° geneigten Hängen angebaut. Testflächen bei über 30° Neigung aufzubauen, ist schwierig. An den ersten fünf Standorten wurden Meßparzellen mit 17° Neigung eingerichtet, wobei die Neigung eines erheblichen Teiles der Kaffeepflanzungen höher liegt.

Der Kaffeeanbau führt zu einer mehr oder weniger ausgeprägten Terrassierung der Hänge. Beim traditionellen Anbau auf Finca Irlanda ist das durch die Anlage der Pflanzreihen parallel zu den Isohypsen bedingt, wobei echte Terrassen angelegt werden. Aber auch bei der reliefignorierenden Anpflanzung in Ost-West-verlaufenden Reihen kommt es durch Anlage der Pflanzlöcher (im Abstand von 2x1 m) zu einer stufigen Feingliederung der Hänge. Gestreckte Hänge mit stetiger Hangneigung treten nur unter Wald oder auf Rutschungsflächen auf. Das hat zur Folge, daß in den Kaffeepflanzungen kein homogenes Abtragsverhalten wie beispielsweise auf geneigten, durch Pflügen immer wieder geglätteten Ackerflächen auftritt, sondern in Verflachungsbereichen immer wieder temporäre Zwischenakkumulationen auftreten, die bei stärkeren Niederschlägen reaktiviert und weiter hangabwärts verlagert werden können. Da die Abträge und Abflüsse von den 17° geneigten Flächen sehr gering waren, wurden im Mai steilere Meßparzellen mit 30° und 33° Neigung angelegt, die größere Hangflächen repräsentieren, aber auch dort blieben

im Meßzeitraum die Gesamtabträge unter 0,5 t/ha. Erst ein Entfernen der Krautschicht durch Herausreißen des Unkrautes und die damit verbundene Zerstörung der Struktur des Oberbodens verursachte Abträge in der Größenordnung von über 5 t/ha pro Niederschlagsereignis!

Da Oberflächenabfluß und Bodenabtrag von dem am Boden ankommenden Anteil des Niederschlages abhängen, wurden in der Nähe der Testparzellen Interzeptionsrinnen aufgebaut. Das sind dachrinnenartige Ablaufbleche von ca. 20 cm Breite und 6 m Länge, die in ca. 50 cm Höhe den durch die Kronen der Schattenbäume und der Kaffeesträucher fallenden Anteil des Niederschlages sammeln, wie auf Abb. 4 zu sehen.



Abb.4: Interzeptionsrinne zur Ermittlung des Kronenrückhaltes von Niederschlägen in einer Kaffeepflanzung mit starker Beschattung

Die Differenz zum lokal gemessenen Niederschlag ist der Kronenrückhalt oder Interzeptionsverlust. Der Anteil der zurückgehaltenen Regenmenge (in %) variiert stark, da er von mehreren Einflußgrößen modifiziert wird, wie z.B. der Regenmenge, -dauer und -intensität, den Blattertemperaturen, auftretenden Winden, die einerseits die Tropfen von den Blättern schütteln, wenn sie schwächer sind aber andererseits zu höherer Verdunstung führen. Da im Regenwald aufgrund der Vertikalerstreckung diese Störgrößen abgeschwächt werden, ergibt sich dort eine recht gute Korrelation zwischen der Regenmenge und dem prozentualen Kronenrückhalt (Interzeption).

Je geringer die Überdeckung wird, desto stärker streuen die Werte. Bei einer Interpolation der Werte ergeben sich für eine Kaffeepflanzung unter einer geschlossenen Schattenbaumschicht und einen dichten Kaffeebestand ohne Baumüberdeckung die in Abb. 5 und Abb. 6 dargestellten Werte.

Interzeptionswerte unter Wald, beschattetem cafétal und dichtem Kaffeebestand

Interzeption in % des Niederschlages							
Regenmenge (mm)	5	10	20	30	40	60	80
Regenwald	40	35	30	27	25	23	21
stark beschattete Kaffeepflanzung	36	27	20	18	17	16	14
dichter Kaffeebestand ohne Bäume	26	18	13	11	10	8	7
Interzeption in mm							
Regenmenge (mm)	5	10	20	30	40	60	80
Regenwald	2	3.5	6	8	10	14	17
stark beschattete Kaffeepflanzung	2	3	4	5.5	7	9.5	11
dichter Kaffeebestand ohne Bäume	1.5	2	2.5	3.5	4	5	5.5

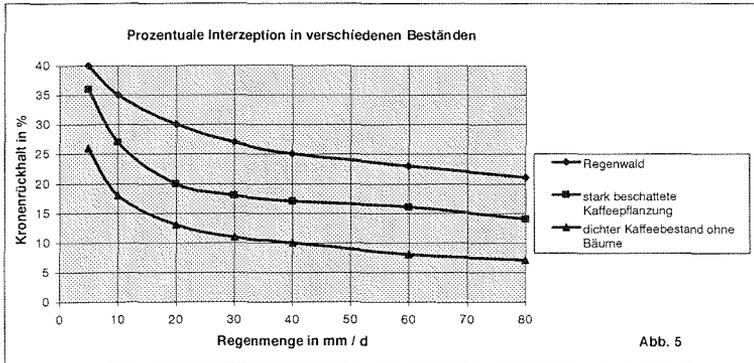


Abb. 5

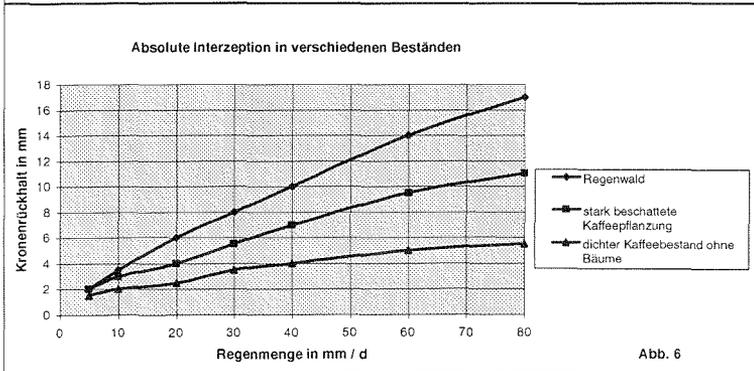


Abb. 6

Abb. 5,6: Prozentuale und absolute Interzeption in verschiedenen Beständen

Die prozentuale Interzeption (Abb. 5) gibt an, wie groß der Anteil des Kronenrückhaltes am fallenden Niederschlag durchschnittlich bei einer bestimmten Regenmenge ist. Die absolute Interzeption (Abb.6) beschreibt, wieviel mm bei einer bestimmten Niederschlagshöhe durchschnittlich aufgrund des Interzeptionsverlustes den Boden nicht erreichen. Deutlich wird hierbei, daß mit zunehmender Regenmenge die prozentuale Interzeption abnimmt (schwache Regen können praktisch zu fast 100% durch eine Baumschicht zurückgehalten werden), die absolute Interzeption (in mm) dagegen zunimmt, da nur höhere Regenmengen wirklich die gesamte zur Verfügung stehende Blattoberfläche wirklich benetzen. Interessant dabei ist, daß ein vielschichtiger Regenwald eine maximale Interzeptionskapazität von über 20 mm(!) zu haben scheint, die jedoch erst bei Regenmengen von über 100 mm voll ausgeschöpft wird. Stark beschattete Kaffeekulturen können immerhin bis über 10 mm zurückhalten, dichte Kaffeebestände bis 5 mm. Aufgelichtete Kaffeepflanzungen erreichen selbstverständlich nur einen Bruchteil dieser Rückhaltewerte. Die hier angegebenen Werte beziehen sich in jedem Fall auf geschlossene Bestände und stellen somit für das Gebiet die maximal erreichbare Größenordnung dar.

Neben der Verringerung der bodenwirksamen Niederschlagsmenge hat die Baumüberschirmung noch einen anderen in Bezug auf die Erosionsdisposition positiven Effekt. Auch bei Starkregen steigt die Intensität am Boden durch das anfänglich hohe Rückhaltpotential der Kronen nur allmählich an. Damit wird eine Verschlammung der Bodenoberfläche und daran anschließende Flächenspülung verzögert bzw. verhindert. Daneben setzt eine Überschirmung des Bodens die freie Fallhöhe der Regentropfen herab, wodurch ihre kinetische Energie beim Auftreffen auf den Boden geringer ist (bei Fallhöhen <7 m), was den Splasheffekt (Spritz- und Planschwirkung der Tropfen) auf unbedeckten Bodenbereichen mindert.

4 Ergebnisse der Erosionsmessungen

Für eine Übersichtsdarstellung werden die Meßergebnisse zu den Regenzeitmonaten Mai bis August 1994 zusammengefaßt. Um die Ergebnisse interpretieren zu können, ist eine kurze Beschreibung der wichtigsten Parameter der 9 Meßparzellen notwendig, die in Tabelle 1 gegeben wird. Im folgenden werden die Parzellen durch den dort angegebenen "Kurztitel" bezeichnet. Alle Parzellen sind wie bereits erwähnt 5 m lang und 1 m breit, d.h. 5 m² groß.

Tab. 1: Charakterisierung der Erosionsmeßparzellen

Testfläche Nr.	Meßzeitraum Kurztitel	Neigung Exposition	Vegetations- überdeckung	Unkraut- bedeckung	Laub-/Mulch- bedeckung	Mächtigkeit Humushorizont	Struktur der Bodenoberfläche	Bodenart an der Bodenoberfläche	Anmerkung
1	1.5.- 4.9.94 Unwald	17° SE	mehrfach	sehr gering	schwach bis mäßiig	gering	kompakt	toniger Lehm	potentiell nat. Vegetation
2	1.5.- 4.9.94 Unkraut	17° SW	mäßiig	stark bis mäßiig	mäßiig bis stark	hoch	locker	lehmig- schluffiger Sand	typisch für tradi- tionellen Anbau
3	1.5.-31.8.94 Gras	17° W	keine	100% Gras- bedeckung	keine	erodiert/nicht vorhanden	sehr fest	toniger Lehm	durch Intensiv- anbau degradiert
4	1.5.- 4.9.94 Humus	17° SE	stark	gering	mäßiig	hoch	sehr locker und humos	lehmig-sandiger Schluff	Irreg.Anbau,hohe Beschattung
5	1.5.- 4.9.94 Herbizid	17° SE	kaum	keine (abge- schlagen)	keine	kaum entwickelt	fest, verdichtet	schluffiger Ton	Simulation Herbizideinsatz
6	1.5.- 4.9.94 30°	30° SE	mäßiig	gering	mäßiig	gering,darunter Rotlehm	kompakt	schluffiger Ton	erhöhte Hangneigung
7	1.6.- 4.9.94 33°	33° E	stark	gering	schwach	mäßiig	relativ locker	toniger Schluff	erhöhte Hangneigung
8	23.7.- 4.9.94 ausgerissen	21° SE	schwach	entfernt durch Herausreißen	keine	hoch	locker, gestört (Unkraut entf.)	stark lehmiger Sand	2 Pflanzlöcher in Fläche angelegt
9	23.7.- 4.9.94 aufgehackt	23° NE	kaum	entfernt durch Herausreißen	keine	hoch	locker, zerstört (aufgehackt)	lehmig-sandiger Schluff	Bodenstruktur zerstört(gehackt)

Erosions- und Abtragungsmengen Regenzeit 1994 Finca Irlanda

Abtrage in kg/ha	Kennzeichen	Mai	Juni	Juli	August	1.-4. September	gesamt
TF1	Unwald	1	5	14	9	5	34
TF2	Unkraut	15	35	8	7	1	66
TF3	Gras	10	15	6	0	0	31
TF4	Humus	2	8	9	5	4	28
TF5	Herbizid	30	95	161	434	1333	2053
TF6	30°	95	130	135	83	30	473
TF7	33°		235	109	46	6	396
TF8	ausgerissen			706	12730	26409	39845
TF9	aufgehackt			20970	43758	29000	93728

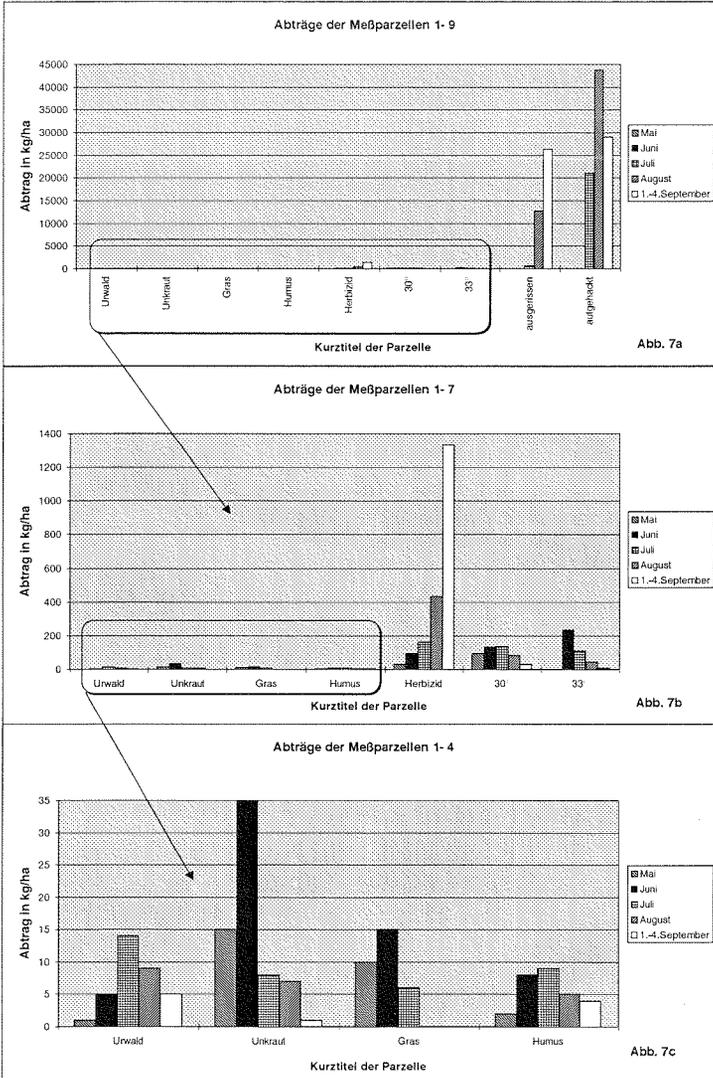


Abb. 7 (a-c) Darstellung der monatlichen Abtragungsmengen von den Meßparzellen
 7a) alle Meßparzellen
 7b) Meßparzellen ohne Störung der Bodenoberfläche
 7c) 17° geneigte Meßparzellen unter realen Bedingungen

Die graphische Darstellung der gemessenen Bodenabtragswerte erfolgt in Abb. 7 aufgrund der um Größenordnungen divergierenden Ergebnisse in 3 Teilen. Abb. 7a stellt die Werte für alle 9 Testflächen gegenüber. Dabei wird die verheerende Wirkung einer mechanischen (Zer-)Störung der Oberflächenstruktur durch Herausreißen von Unkraut und ein Aufhacken des Bodens deutlich. In Abb. 7b werden die so nicht beeinflussten Flächen etwa 30-fach "überhöht" herausgegriffen. In dieser Größenordnung werden die im Laufe der Regenzeit stark zunehmenden Abträge von der Fläche mit Herbizidsimulation (mechanisches Abschlagen des Unkrautes) deutlich. Abb. 7c stellt die sehr geringen Abtragsraten der 17° geneigten Flächen unter den real vorgefundenen Bedingungen nochmals um den Faktor 40 vergrößert dar.

In Tab. 2 sind die gesamten gemessenen Abträge pro Parzelle aufgeführt, wobei die verkürzten Meßzeiträume der Flächen 7- 9 unbedingt zu beachten sind!

Tabelle 2: Gesamtabtrag der 9 Meßparzellen vom 1.5.- 4.9.1994 in kg/ha

Meßparzelle	Kurztitel	gesamter gemessener Abtrag in kg/ha	verkürzter Meßzeitraum
1	Wald	34	
2	Unkraut	66	
3	Gras	31	
4	Humus	28	
5	Herbizid	2053	
6	30°	473	
7	33°	(396)	nur 1.6. - 4.9.
8	ausgerissen	(39845)	nur 23.7. - 4.9.
9	aufgehackt	(93728)	nur 23.7. - 4.9.

Ohne näher auf die zeitliche Verteilung der Abträge und die Struktur der sie auslösenden Niederschläge einzugehen, können die folgenden Aussagen aus den Gesamtabträgen im Meßzeitraum getroffen werden:

- Bei 17° Neigung ist der Bodenabtrag unter Regenwaldbedingungen, bei einem geschlossenen Grasbewuchs auf degradierten Böden sowie in Kaffeepflanzungen mit starker Überschirmung durch Schattenbäume und einer lockeren Humusaufgabe mit ca. 30 kg/ha äußerst gering. Man kann auf diesen Standorten von Abträgen im "natürlichen" Rahmen (vgl. BREHMER 1982), aber nicht von (verstärkter) Erosion sprechen. Unter für große Flächen repräsentativer mäßiger Überschirmung vergrößert sich der Abtrag bei 17° Neigung mit 60 kg/ha etwa auf das Doppelte.
- Wird bei gleicher Neigung durch Abschlagen des Unkrautes auf Flächen mit kaum entwickeltem Humushorizont eine Herbizidanwendung zu simulieren versucht, vergrößert sich der Abtrag um mehr als das 10-fache. Es wurden etwa 2 t/ha gemessen, wobei hier unbedingt anzumerken ist, daß über die Hälfte der Menge gegen Ende des Meßzeitraumes in den ersten Septembertagen abgetragen

wurde (vgl. Abb. 7b)! Setzt sich dieser Trend in den noch verbleibenden zwei Regenzeitmonaten fort, ist hier ein um eine Größenordnung (Faktor 10?) höherer Wert anzunehmen.

- Bei der Vergrößerung der Hangneigung auf 30° bei traditioneller Anbauweise erreichte der Abtrag bis Anfang September hingegen nur etwa 0,5 t/ha, wobei hier keine Zunahme der Abträge, sondern eher eine Beziehung zu den Niederschlagsmengen zu beobachten ist.
- Wird die Bodenstruktur durch Ausreißen des Unkrautes gestört, kommt es in 6 Wochen zu einem Abtrag von 40 t/ha, bei völliger Zerstörung der Bodenstruktur durch Hacken werden 95 t/ha im gleichen Zeitraum abgetragen (bei jeweils etwas mehr als 20° Neigung; vgl. Abb. 7a und Tab. 2).

Neben der Frage, ob die gewählten Flächen für größere Areale repräsentativ sind, ist die Beendigung der Messungen zwei Monate vor Ende der Regenzeit im November ungünstig, da gerade stark erhöhte Werte Anfang September erhöhte Abträge und Abflüsse für die verbleibende Zeit erwarten lassen. Trotzdem sind die kurz dargestellten relativen Aussagen abgesichert. Die Bewirtschaftungsweise mit der durch sie bedingten Struktur der Bodenoberfläche beeinflusst die Abtragungsmengen weitaus mehr als z.B. die Hangneigung, deren untergeordneter Einfluß u.a. von WEISE et al. (1984:34) aufgegriffen wird.

Ein Vergleich der Ergebnisse ist am ehesten mit den Messungen von COMPART (1990:83) in Kaffeeplantagen Costa Ricas möglich, da vergleichbare Klimabedingungen (Niederschlagsstruktur!) und Methodik (Meßparzellen 5,46 m(!) x 1,83 m = 10 m², 14 bzw. 22° geneigt) gegeben sind. Allerdings wurde dort auf Intensivanbauflächen ohne Schattenbäume in den ersten drei Jahren nach ihrer Neuanlage gemessen, im 1. Jahr von August bis November, im 2. von September bis November und im 3. von Mai bis November. Da so die letzten 3- 4 Monate der Regenzeit abgedeckt wurden, ergänzen die Ergebnisse in gewisser Weise den hier bearbeiteten Rahmen. Im ersten Jahr wurden in Costa Rica bei Bodenbedeckung durch Unkraut 9 t/ha, bei der "Kontrolle" ohne Unkraut (evtl. vergleichbar mit Meßparzelle 8 "ausgerissen") 260 t/ha, im zweiten Jahr 15 t/ha (Unkraut) bzw. 30 t/ha (Kontrolle) ermittelt. Im dritten Jahr überschritt der Abtrag nirgends 0,5 t/ha. Die Problematik dieser Werte ergibt sich daraus, daß COMPART (1990:29) für die ersten beiden Jahre anhand der Meßwerte für 3 bzw. 4 Monate anhand von Regenschreiberdaten die Jahreswerte extrapoliert hat! Gerade die Ergebnisse der Meßparzellen 5 und 8 (Herbizid und "ausgerissen") lassen aber eine Zunahme der Erosionsleistung im Laufe der Regenzeit für Flächen mit gestörter Oberflächenstruktur, wie sie bei neu angelegten Pflanzungen vorliegt, erkennen. Das läßt vermuten, daß die COMPART'schen Werte das tatsächliche Abtragungsgeschehen überbewerten.

Die Abtragungsmengen werden meist mit dem Oberflächenabfluß in Beziehung gesetzt. Der Anteil des Abflusses von den Meßparzellen an den Monatsniederschlägen ist in Abb. 8 dargestellt.

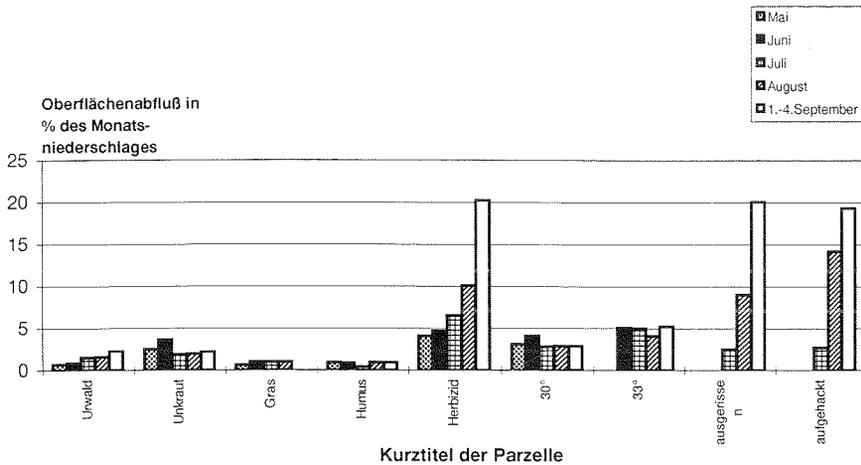


Abb.8: Prozentualer Anteil des Oberflächenabflusses von den Meßparzellen am Monatsniederschlag

Ein Vergleich mit den Abtragsmengen (Abb. 7) zeigt gute Korrelationen in Form einer deutlichen Zunahme beider Parameter auf den stark beeinflussten Flächen (5 und 8) bis auf 20% beim Oberflächenabfluß Anfang September. Diese Zunahme der Abflußraten ist schon von WAIBEL (1933:87) erwähnt worden. Bei ungestörter Bodenstruktur und Pflanzenüberdeckung erreicht der Oberflächenabfluß maximal 5% der Monatsniederschläge bei einer relativ geringen Schwankungsbreite. WALTER und BRECKLE (1984:57) zitieren für eine kolumbianische waldähnliche Kaffeepflanzung Abflußraten von 2,2% und Abträge von 0,25 t/ha, was in den Größenordnungen der in Abb. 8 und Abb. 7b dargestellten Meßergebnisse liegt. Die von SEGGERN (1992:6) anhand der universellen Bodenabtragungsgleichung (USLE) von WISCHMEIER (1978) durchgeführten Berechnungen liefern mit 200-300 t/ha*a Werte, die nur auf Flächen mit gestörter Oberflächenstruktur, wie sie bei der Neuanlage von Kaffeepflanzungen vorliegt, auftreten. Das ist verständlich, da die USLE für ackerbauliche Bedingungen in Nordamerika entwickelt wurde und eine Übertragung auf Plantagenkulturen unter tropischen Klimabedingen nur mit Vorbehalten erfolgen kann.

Die Arbeiten haben gezeigt, daß die Methodik der Meßparzellen auch in den Tropen anwendbar ist. Hauptproblem sind dabei die extrem unterschiedlichen Größenordnungen der Abtragswerte in Abhängigkeit von der Struktur der Bodenoberfläche. Landschaftsdegradierende Abtragswerte können durch eine Überdeckung des Bodens durch Vegetation (Unkraut, Schattenbäume) und eine lockere (nicht gelockerte!) Bodenstruktur (Unkrauttoleranz, Humusbildung aus Bestandsabfall) vermieden werden. Diese Bedingungen sind beim traditionellen Kaffeeanbau gegeben, wie gut entwickelte Humushorizonte auf einem Großteil der Flächen der Finca Irlanda beweisen.

Literatur

- BREHMER, H. 1982: Abtragungsgeschwindigkeiten in den feuchten Tropen. In: Z Geomorph. N.F. Suppl.-Bd. 43: 19-27. Berlin, Stuttgart.
- COMPART, W. 1990: Nutzung von Bodendeckerpflanzen im Kaffeeanbau Costa Ricas im Zusammenhang mit Erosionsproblematik und Nematodenbefall (=PLITS 8 [Institut für Pflanzenproduktion in den Tropen und Subtropen der Universität Hohenheim]). Weikersheim.
- DEINLEIN, R. 1992: Bodenkundliche Höhengradienten in der Sierra Madre de Chiapas/Mexiko. Universitätsabschlußarbeit FAU Erlangen-Nürnberg.
- GEROLD, G. 1983: Vegetationsdegradation und fluviatile Bodenerosion in Südbolivien. In: Z Geomorph. N.F. Suppl.-Bd. 48: 1-16. Berlin, Stuttgart.
- HELBIG, K. M. 1961: Die Landschaft Soconusco im Staate Chiapas/Süd-Mexico und ihre Kaffezone. In: Dt. Geogr. Blätter 49: 3-131. Bremen.
- HURNI, H. 1975: Bodenerosion in Semien-Äthiopien. In: Geogr. Helvet. 30/4: 157-168.
- KRONEN, M. 1989: Bodenerosion in Paraná/Brasilien (=Trierer Geogr. Studien 7).
- MEYERS, M. 1993: Der Intensiv-Kaffeeanbau im Soconusco (Chiapas/Südmexiko) - Probleme und Lösungsansätze unter ökologischen sowie ökonomischen Gesichtspunkten. Magisterarbeit am Geogr. Inst. der RWTH Aachen.
- PRASUHN, V. 1991: Bodenerosionsformen und -prozesse auf tonreichen Böden des Basler Tafeljura und ihre Auswirkungen auf den Landschaftshaushalt (=Physiogeographica 16). Basel.
- RICHTER, M. 1986: Natürliche Grundlagen und agrarökologische Probleme im Soconusco und Motozintla-Tal, Südmexiko (=Erdwiss. Forsch. 20). Wiesbaden.
- RICHTER, M. 1987: Ökologische Auswirkungen unzweckmäßiger Anbauverfahren im Soconusco/Südmexiko. In: Tübinger Geogr. Studien 96: 123-141.
- RICHTER, M. 1992: Landwirtschaftliche Schäden in verschiedenen Höhenstufen der Sierra Madre de Chiapas/Südmexiko. In: Peterm. Geogr. Mitt. 136: 295-308. Gotha.
- SANTOSA, E. 1989: Einfluß der Unkrautbekämpfung auf Erosionsvorgänge in Teeplantagen in Java. Diss. Fb. Agrarwiss. Uni Gießen.
- SCHAUB, D. 1989: Die Bodenerosion im Lößgebiet des Hochrheintales (Möhlinger Feld/Schweiz) als Faktor des Landschaftshaushaltes und der Landwirtschaft (=Physiogeographica 13). Basel.
- SCHIEBER, M. 1983: Bodenerosion in Südafrika. Vergleichende Untersuchungen zur Erodierbarkeit subtropischer Böden und zur Erosivität der Niederschläge im Sommerregengebiet Südafrikas (=Gießener Geogr. Schriften 51).
- SCHIEGL, U. 1990: Die Möglichkeiten des organischen und biologisch-dynamischen Kaffeeanbaus im Soconusco/Südmexiko. Universitätsabschlußarbeit FAU Erlangen-Nürnberg.
- SCHMIDT, R.- G. 1979: Probleme der Erfassung und Quantifizierung von Ausmaß und Prozessen der aktuellen Bodenerosion auf Ackerflächen (=Physiogeographica 1). Basel.
- SCHRÖDER, H. 1982: Qualitative und quantitative Untersuchungen zur Erfassung der bodenerosiven Abspülung. - Dargestellt mittels Testuntersuchungen im Einzugsgebiet der Weida (Pegel Stedten). Diss. A. MLU Halle.
- SCHRÖDER, H. 1985: Erfassungsmethodik und Ausmaß bodenerosiver Abspülungen auf Hanglagen im südöstlichen Harzvorland - Raum Querfurt. In: Hall. Jb. f. Geowiss. 10: 81-92. Gotha.
- SCHRÖDER, H. 1992: Bodenerosive Landschaftsschäden in Fernerkundungsaufzeichnungen. In: GRUNERT, J. und P. HÖLLERMANN: Geomorphologie und Landschaftsökologie 85. Bonn.

Bodenerosion in der Kaffeeregion Soconusco

- SCHRÖDER, H.; K. LÖWA und U. BERGNER. 1993: Erste Ergebnisse zur Erfassung des Ausmaßes geökologischer Prozesse bodenerosiver Abspülung in Lößlandschaften. Forsch.bericht. Halle.
- SCHRÖDER, H.; K. LÖWA und U. BERGNER. 1995: Bodenerosionsforschung im Mitteldeutschen Trockengebiet. Archiv für Acker-, Pflanzenbau und Bodenkunde. Eberswalde [im Druck].
- SEGGERN, J.V. 1992: Beobachtungen zur Bodenerosion im Soconusco. [in Mex. span. veröffentl.]
- WAIBEL, L. 1933: Die Sierra Madre de Chiapas. In: Mitt. d. Geogr. Ges. in Hamburg 43: 12-162.
- WALTER, H. und S.-W. BRECKLE. 1984: Ökologie der Erde. Bd. 2: Spez. Ökol. der trop. u. subtrop. Zonen. Stuttgart.
- WEBER, G. 1994: Die Eignung der Wildkrautflora als Indikator für die Beurteilung der Bewirtschaftungsform am Beispiel des Kaffeeanbaues im Soconusco in Chiapas Mexico. Diplomarbeit FAU Erlangen-Nürnberg.
- WEISE, O. et al. 1984: Die Bodenerosion im Gebiet der Dhauladhar Kette am Südrand des Himalaya/ Indien. (=Gießener Geogr. Schriften 54).
- WEGENER, H. R. 1977: Quantitative Untersuchungen zur Bodenerosion durch Wasser im zentralen Hochland von Mexiko. In: Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. 25: 497-504. Göttingen.
- WIESER, T. 1992: Das digitale Geländemodell "Polygrid" und seine Anwendungsmöglichkeiten bei Flächenstillegungs- und Extensivierungsprogrammen für den Raum Querfurt. Diss. A. Halle.
- WISCHMEIER, W. H. und D. D. SMITH 1978: Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning (=Agriculture Handbook 537). Washington D.C.