



**AgEcon** SEARCH  
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

---

Jahnke, H.-E., Schmidt-Ruhe, B.: Probleme des Ressourcen-Management – Das Beispiel der Bodendegradation. In: von Urff, W., Zapf, R.: Landwirtschaft und Umwelt – Fragen und Antworten aus der Sicht der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Band 23, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag (1987), S. 203-214.

---



PROBLEME DES RESSOURCEN-MANAGEMENT  
- DAS BEISPIEL DER BODENDEGRADATION

von

Hans-E. J A H N K E und Bernhard S C H M I D T - R U H E, Berlin

---

## 1. Einleitung

Die Landwirtschaft in den Entwicklungsländern steht auf der einen Seite vor der Aufgabe, einen stetig wachsenden Bedarf für landwirtschaftliche Produkte zu decken, auf der anderen Seite stehen ihr bei niedrigem Produktivitätsniveau und Technisierungsgrad nur begrenzte Ressourcen zur Verfügung. Im Gegensatz zu den westlichen Industrieländern, die sich in einer Überschussituation bei landwirtschaftlichen Produkten befinden, herrscht in den Entwicklungsländern eine Situation des Mangels vor. Das spiegelt sich in den hauptsächlich ökologischen Problemfeldern wider, in denen Landwirtschaft in Entwicklungsländern steht. Während z.B. im Sondergutachten "Umweltprobleme der Landwirtschaft" der Bundesregierung von 1985 die Beeinträchtigung von Biotopen und die Gefährdung des Grundwassers durch Nitrate und Pestizide an erster Stelle genannt wird, vor den Problemen der Bodenerosion- und Verdichtung, wird für Entwicklungsländer die Bedeutung von Erosions- und Desertifikationsprozessen hervorgehoben (Forschungsberichte des BMZ, Bd. 22, 1981).

Der Boden ist unverzichtbare Grundlage der landwirtschaftlichen Produktion, die Möglichkeit zusätzlich landwirtschaftlich nutzbare Flächen zu erschließen, ist nur mehr gering (FAO, 10), so daß Maßnahmen zum Schutz der bereits genutzten Flächen notwendig werden können. Bodendegradation ist ein Prozeß, der die Fähigkeit des Bodens zur Produktion landwirtschaftlicher Güter vermindert und daher von zentraler Bedeutung für zukünftige Produktionsmöglichkeiten. Dabei sind verschiedene, sich teilweise gegenseitig beeinflussende Faktoren wie Bodenerosion durch Wind oder Wasser, Versalzung, Versauerung, Zunahme toxischer Elemente, Bodenverdichtung und Abbau organischer Substanz wirksam. Speziell zur Bodenerosion, d.h. dem Abtrag von Bodenmaterial, liegt ein umfangreiches

Schrifttum auch für Entwicklungsländer vor. Schon aus der Kolonialzeit gibt es Beschreibungen der Erosionsgefahr und auch erste Versuche zu einer organisierten Bekämpfung haben stattgefunden (RUTHENBERG & JAHNKE, 24; ZÖBISCH, 29). Die für das Beispiel der Bodendegradation gefundenen Fragestellungen und Lösungsansätze lassen sich in vieler Hinsicht auch auf andere Umweltprobleme der Entwicklungsländer übertragen.

## 2. Ausmaß der Bodendegradation

Der Prozeß der Bodendegradation kommt weltweit vor, er findet sich unter aridem und humidem Klima, unter den verschiedensten Gesellschaftsformen und ist historisch für verschiedenste Epochen belegt (BLAIKIE, 5). Seit der UN-Konferenz über Umweltfragen in Stockholm 1972 ist Bodendegradation im Rahmen der Diskussion über Nahrungsmittelknappheit, Ressourcenschutz und Umwelterhaltung immer häufiger in den Brennpunkt des Interesses gerückt worden. Informationen über das konkrete Ausmaß des Prozesses in Entwicklungsländern sind allerdings sehr spärlich, vorliegende Berichte sind in den meisten Fällen qualitativer Art und für die vorhandenen Daten gilt häufig die auf der UN-Konferenz über Desertifikation 1977 gemachte Feststellung: "statistics are seldom in the right form, are hard to come by and even harder to believe let alone interpret".

An dieser Situation hat sich aus mehreren Gründen wenig geändert. Während z.B. Versalzungsgrad oder pH-Wert eines Bodens noch relativ einfach zu messen sind, ist für die Messung von Erosion ein relativ großer technischer Aufwand nötig, da eine Vielzahl von Variablen gemessen werden muß, die über einen längeren Zeitraum zu erheben sind. Methodische Unterschiede sind erheblich, da z.B. Erosion direkt auf einzelnen Flächen gemessen werden kann, oder es wird versucht aus der Sedimentationslast von Flüssen rückzuschließen auf den Bodenabtrag in einem Gebiet. Zudem kann entweder die potentielle Erosionsgefährdung eines Gebietes geschätzt, oder die aktuelle Erosion bestimmt werden, so daß Angaben aus verschiedenen Quellen kaum vergleichbar sind.

Einen Überblick über vorhandene Informationen zur Bodenerosion gibt Lal (16). Eine Extrapolation aus dieser oder anderen Quellen auf die globale Bedeutung für Entwicklungsländer ist aus den oben genannten Gründen nicht möglich. Festzuhalten bleibt das bedrohliche Ausmaß in einzelnen Regionen, wie es beispielsweise für das Hochland von Guatemala (ARLEDGE, 3)

oder Weidegebiete in Kenia (ZÖBISCH, 30) dokumentiert ist.

Ein Versuch, zu einer globalen Bestimmung der Verbreitung und des Ausmaßes der Bodendegradation zu kommen, wurde in dem FAO/UNEP/UNESCO Projekt "A World Assessment of Soil Degradation" begonnen. Die verwendete Methode wurde in Anlehnung an die in den USA entwickelte "Universal Soil Loss Equation" aufgebaut (RIQUIER, 20). Diese Gleichung ergibt aber nur für relativ eng begrenzte und genau definierbare Gebiete exakte Aussagen (WISCHMEYER, 28). Da das Projekt aber auf den FAO/UNEP Weltbodenkarten im Maßstab 1:5 000 000 beruht, ist die Genauigkeit der Aussagen begrenzt. Die für Afrika entwickelten Karten zeigen, daß die Degradationsgefahr durch Klima- und Bodenverhältnisse bedingt insgesamt recht hoch ist und daß in den meisten Fällen mehrere Degradationsrisiken zugleich vorliegen.

Verallgemeinern läßt sich, daß das Risiko von Degradationsprozessen in den Tropen und Subtropen, somit in den meisten Entwicklungsländern, höher als in den gemäßigten Breiten ist (GRIGG, 14; LAL, 16). Zum einen ist die Erosionswirkung des Klimas stärker (Niederschlagsmenge und -intensität, Temperatur von Boden, Luft und Wasser, Luftbewegung), zum andern ist die Erosionsanfälligkeit der meisten Böden größer (wenig organische Substanz, geringe Mächtigkeit des Oberbodens, geringe Strukturstabilität), Faktoren die sich gegenseitig noch verstärken können.

### 3. Bedeutung für die Bodenproduktivität

Sehr viel weniger noch als über Degradationsprozesse selbst ist über die Auswirkungen auf die Produktivität von Weide- oder Ackerland bekannt (GIFFORD & WHITEHEAD, 12; LAL, 16). Der theoretische Zusammenhang ist weitgehend klar, experimentelle Untersuchungen sind bisher aber zum größten Teil in den USA durchgeführt worden, für Entwicklungsländer sind die verfügbaren Daten äußerst spärlich (STOCKING, 26). Für Westafrika berichtet Lal (16) von 23 % Ertragsminderung bei 2,5 cm Bodenverlust, in Kamerun führte das Abtragen von 2,5 cm Oberboden zu 50 % Ertragsabfall, von 7,5 cm zum völligen Ernteausfall (REHM, 19). Da diese Untersuchungen aus methodischen Gründen in der Regel mit einem künstlichen Abtragen des Oberbodens durchgeführt werden, kann im Verhältnis zu natürlicher Erosion der Effekt auf die Produktivität falsch eingeschätzt werden. In einem vergleichenden Versuch wurde eine Abnahme des Maise-

trages bei künstlicher Bodenentfernung von 0,013 t/ha/mm gegenüber 0,26 t/ha/mm bei natürlicher Erosion festgestellt (LAL, 16).

Die von Mbagwu (17) in Nigeria gemachten Versuche belegen, daß der Ertragsabfall sowohl vom Bodentyp abhängt (auf Acrisol stärker als auf Luvisol), als auch von der angebauten Kultur (bei Mais stärker als bei Spargelbohne). Durch den Einsatz von Stickstoffdünger und Phosphat konnte auf dem Luvisol der Ertragsverlust ausgeglichen werden, wenn der Verlust an Oberboden nicht zu groß war, während dies auf dem Acrisol nicht möglich war. Eine Einschätzung von Produktivitätsverlusten durch Bodendegradation muß daher standortspezifisch sein, das heißt, die Wechselwirkung von Klima, Boden, hauptsächlich angebauten Kulturarten und den Stand der Produktionstechnik berücksichtigen.

#### 4. Bekämpfung von Bodendegradation

Auf Grund der komplexen Zusammenhänge bei Bodendegradation und insbesondere Erosion, gibt es im Detail noch einige Wissenslücken über den genauen Ablauf des Prozesses und die gegenseitige Beeinflussung einzelner Faktoren. Die grundlegenden physikalischen, chemischen und technischen Zusammenhänge sind jedoch seit langem bekannt (BENNETT, 4; GREENLAND, 13). Eine Ausnahme bildet die Erkenntnis der direkten Wirkung von Regentropfen, die durch ihren Aufprall eine Spritzerosion hervorrufen, die das Ausmaß der Erosion durch Wasserabfluß weit übersteigen kann (ROOSE, 21). Das hebt den Einfluß von Niederschlagsmenge und -intensität hervor, Faktoren von besonderer Bedeutung in tropischen und subtropischen Gebieten.

Entsprechend sind auch die Lösungen für die Degradationsprobleme bekannt, ob es sich um die mehr bautechnischen Maßnahmen, wie Drainage von Böden, die Anlage von Terrassen etc. handelt, oder mehr um Managementmaßnahmen wie Fruchtfolgewahl, Bodenbearbeitungsverfahren etc., wobei hier auf die Erkenntnis der entscheidenden Rolle der Bodenbedeckung in Gebieten mit hoher Erosionsgefahr durch Niederschläge hingewiesen werden soll.

Eine Vielzahl dieser Techniken sind lokal entwickelt worden, und Beispiele für ihre Anwendung lassen sich in vielen Entwicklungsländern, auch in vorkolonialer Zeit, finden (ALLAN, 2; RUTHENBERG, 22). Daß es trotz vorhandenen Wissens in vielen Gebieten zu fortlaufend starken De-

gradationsprozessen kommt, kann an den rapiden Veränderungen in der Bodennutzung durch Bevölkerungswachstum oder neue Anbautechniken, fehlenden Informationen, Mangel an ausgebildetem Personal oder fehlender politischer Durchsetzungskraft der Regierungen liegen. Eine Erklärung liegt aber auch darin, daß eine von Ökologen oder Bodenkundlern geforderte, möglichst weitgehende Einschränkung aller Degradationsprozesse aus ökonomischer Sicht nicht optimal sein muß.

## 5. Wirtschaftlichkeit von Bodenschutz

Aus der Sicht des einzelnen Betriebs sind Maßnahmen zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit sinnvoll, wenn der resultierende Nutzen die Kosten übersteigt. In den USA durchgeführte ökonomische Analysen zeigen, daß Bodenschutz in vielen Fällen für den einzelnen Farmer nicht rentabel ist (PIMENTEL et al., 18; HOLTMAN et al., 15). Das kann für einige Gebiete darauf zurückgeführt werden, daß der Verlust an Bodenproduktivität hauptsächlich ein Nährstoffverlust ist, der durch den Einsatz von Dünger bei den herrschenden Preisen kompensiert werden kann. Eine bedeutende Rolle spielt ebenfalls die relative Wettbewerbskraft der unterschiedlichen Kulturen. Eine erweiterte Fruchtfolge, die weniger Reihenkulturen, dafür mehr andere Getreide und Heu enthält, erhöht die Kosten für Bodenschutz zu stark. Umgekehrt steigt der ökonomische Anreiz zu bodenkonservierenden Maßnahmen bei steileren Hängen bzw. den dadurch ausgelösten stärkeren Produktivitätsverlusten durch Erosion.

Der Einfluß von Diskontrate und Planungshorizont wurde von Ervin & Washburn (9) für unterschiedliche Böden und Bearbeitungsverfahren untersucht. Eine Sensitivitätsanalyse zeigte, daß durch eine Senkung der Diskontrate von 12 auf 8 % oder eine Ausdehnung des Planungshorizonts von 5 auf 25 Jahre eine konservierende Bodenbearbeitung profitabel wird, allerdings auch nur auf den steileren, stärker erosionsanfälligen Böden. Eine Kalkulation des ökonomischen Verlusts durch Bodenerosion auf der Grundlage von Daten aus den USA wurde von Ruthenberg und Lehmann (23) durchgeführt. Durch Ermittlung von Gegenwartswert bzw. Annuität zukünftiger Ertragsverluste konnten Schwellenwerte für die Rentabilität von Aufwendungen für den Bodenschutz geschätzt werden, wobei die Abhängigkeit vom Zeithorizont und den erwarteten Ertragsverlusten durch Verlust an Oberboden deutlich wird.

Für die Bedingungen in Entwicklungsländern sind in diesem Zusammenhang einige Punkte von besonderer Bedeutung. Da in den Tropen und Subtropen der Degradationsprozeß der Böden im allgemeinen stärker sein wird, ist auch der Ertragsverlust und damit der Anreiz für Bodenschutz höher. Wenn allerdings von einem sehr niedrigen Ertragsniveau ausgegangen wird, ist der absolute Verlust so gering, daß der Nutzen von Bodenschutz dementsprechend nur sehr niedrig sein dürfte.

Der Ersatz durch Bodenabtrag oder Auswaschung verlorengegangener Nährstoffe durch Düngung ist in Entwicklungsländern häufig nicht möglich, da ein gleichzeitiger Verlust der Aggregatstabilität des Bodens oder Freilegung verhärteter, toxischer Unterböden vielfach typisch ist (GREENLAND, 11). Der Einsatz zugekaufter Düngemittel ist zudem nur bei einem günstigen Verhältnis zum Preis landwirtschaftlicher Produkte wirtschaftlich, so daß Marktferne und fehlende Transportinfrastruktur dem entgegenwirken. Zeitweise ausfallendes Angebot oder mangelnde Liquidität des einzelnen Betriebs können die Verfügbarkeit weiter beschränken.

Die Infiltrationsrate und die Wasserspeicherkapazität des Bodens gewinnen mit zunehmender Aridität des Klimas bzw. Saisonalität der Niederschläge an Bedeutung. Die Wasserverfügbarkeit wird zum begrenzenden Wachstumsfaktor, so daß Bodenschutz gleichzeitig die Aufgabe der Wasserkonservierung bekommt.

Die hier genannten Faktoren sprechen für eine hohe Attraktivität von Bodenschutzmaßnahmen in Entwicklungsländern. Auf der anderen Seite ist in einer Situation der Nahrungsmittelknappheit und hoher politischer und wirtschaftlicher Risiken, wie sie für viele Regionen zutrifft, die Gegenwartspräferenz für Konsum zwangsläufig sehr hoch. Typisches Merkmal von Maßnahmen der Bodenkonservierung ist aber eine erst allmählich und langfristig zu erwartende Wirkung, während häufig ein hoher Aufwand zum gegenwärtigen Zeitpunkt nötig ist, in einigen Fällen ist sogar mit anfänglichen Ertragseinbußen zu rechnen (ADELHELM et al., 1).

Im Extremfall eines dichtbesiedelten Entwicklungslandes kann daher die Notwendigkeit von bodenkonservierenden Maßnahmen, um einen völligen Verlust der Bodenfruchtbarkeit in der Zukunft zu verhindern, durch den Zwang überdeckt werden, den Nahrungsmittelbedarf in der Gegenwart zu decken. Besonders erdbautechnische Maßnahmen wie Terrassierung oder

Drainage erfordern einen so hohen Aufwand an Kapital, Arbeit und Technik, daß für den Einzelbetrieb ein unüberwindlicher Engpaß entsteht. In diesen Fällen kann eine überbetriebliche Zusammenarbeit oder staatliche Unterstützung bei Organisation und Ausführung weiterführen.

## 6. Aufgaben und Möglichkeiten des Staates

Staatliches Eingreifen zur Verringerung von Bodendegradation ist, neben politischen oder ethischen Gründen, ökonomisch sinnvoll, wenn eine Differenz von sozialem und privatem Optimum vorliegt. Beispiele dafür sind externe Effekte wie Sedimentation von Staudämmen oder Kanälen durch abgetragenes Bodenmaterial, die Überflutung tiefergelegener Gebiete durch verstärkten Wasserabfluß von degradierten Böden oder die Übernutzung eines öffentlichen Gutes wie Gemeinschaftsweide. Wenn man davon ausgeht, daß die Gesellschaft einen längeren Zeithorizont hat als der Einzelne bzw. die soziale Diskontrate niedriger liegt als die private, erhöht dies ebenfalls den Wert bodenkonservierender Maßnahmen und kann staatliche Ausgaben rechtfertigen. Dem Staat stehen prinzipiell zwei Arten von Maßnahmen zur Verfügung, zum einen die Setzung eines ordnungspolitischen Rahmens, zum anderen wirtschaftspolitische Eingriffe.

Die Voraussetzung für Investitionen in die Bodenkonservierung muß teilweise durch Veränderung der institutionellen Bedingungen oder der Bodenbesitzverhältnisse erst geschaffen werden, da langfristig wirkende Maßnahmen erst durch gesicherte Besitz- bzw. Nutzungsrechte oder dauerhafte Pachtverträge für den Bewirtschafter interessant werden.

Gesetze und Verordnungen zum Bodenschutz haben unter kleinbäuerlichen Verhältnissen in Entwicklungsländern wenig Erfolgsaussichten. Die ländliche Verwaltung ist nicht in der Lage, die beschlossenen Auflagen auch durchzusetzen und zu kontrollieren. Selbst unter den dafür relativ günstigen Bedingungen im kolonialen Tansania und Kenia mußten beaufsichtigte Terrassierungsarbeiten bzw. Zwangsaufkauf von Rindern abgebrochen werden, als es zu passivem Widerstand, letztlich sogar offenen Unruhen kam (RUTHENBERG/JAHNKE, 24; ZÜBISCH, 29).

Staatlich unterstützte und gelenkte Maßnahmen bedeuten einen hohen organisatorischen und finanziellen Aufwand, so daß bei knappen Mitteln in Entwicklungsländern nur eng begrenzte Gebiete erreicht werden können.

Darüberhinaus wurden noch weitere Nachteile beobachtet (RUTHENBERG/JAHNKE, 24). Der Anreiz zu eigenständiger Durchführung von Erosionsschutz fehlt bei bezahlten Arbeiten und einmal errichtete Strukturen werden meist nicht erhalten. Durch die Attraktivität bezahlter Arbeiten werden teilweise wichtige Arbeiten auf dem eigenen Betrieb vernachlässigt. Es besteht die Tendenz von Seiten der Verwaltung, bautechnische Maßnahmen durchzuführen, während verbessertes Management und neue Anbauverfahren vernachlässigt werden.

Eine indirekte Einflußnahme auf den Bodenschutz stellt die landwirtschaftliche Preispolitik des Staates dar. Prinzipiell werden durch hohe Preise für landwirtschaftliche Produkte im Verhältnis zu Produktionsmittelpreisen und anderen Gütern die Anreize zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit erhöht, da die Schwelle, bis zu der Bodenschutzmaßnahmen für die Landwirte rentabel sind, steigt. Eine Verbesserung der "terms of trade" für die Landwirtschaft kann aber im Widerspruch zu anderen Zielen einer Regierung stehen, die etwa aus politischen Gründen niedrige Nahrungsmittelpreise braucht.

Der Einfluß des Preisverhältnisses zwischen einzelnen landwirtschaftlichen Produkten muß in seiner Wirkung auf die Bodenerhaltung im einzelnen geprüft werden. So wirken relativ hohe Preise für Dauerkulturen wegen deren pflanzenbaulicher Eigenschaften günstig auf die Bodenerhaltung, hohe Preise für einjährige Kulturen können dagegen zu einer Ausdehnung der Produktion in dafür langfristig nicht geeignete Gebiete führen und so die Bodendegradation beschleunigen. Im Interesse der Regierungen sind in der Regel relativ hohe Preise für Exportkulturen, die einen Beitrag zur Erwirtschaftung von Devisen leisten. Wenn es sich dabei beispielsweise um Kaffee oder Ölpalmen handelt, ist eine positive Wirkung auf den Bodenschutz zu erwarten, ein gegenteiliger Effekt bei Baumwolle oder Erdnuß.

## 7. Grundlagen für verbesserten Bodenschutz

Bodenschutz ist durch die vielfältigen physikalischen und biologischen Vorgänge, die bei Prozessen der Bodendegradation zusammenwirken, eine komplexe Aufgabe. Jede Veränderung der Bodennutzung hat außerdem weitreichende ökonomische und soziale Implikationen. Um zu einer Entscheidung über eine angemessene Bodenschutzpolitik zu kommen, bedarf es da-

her in den meisten Entwicklungsländern einer Verbesserung der Datengrundlage.

Für die Beurteilung von Erosion muß einmal die Erosionsgefährdung der verschiedenen Regionen und die Schätzung des tolerierbaren Bodenabtrags aufgenommen werden. Entsprechende Modelle dafür liegen vor, z.B. das SLEMSA (Soil Loss Estimation Model for Southern Africa, ELWELL, 8), das als besonders angepaßt für die Bedürfnisse in Entwicklungsländern gelten kann. Der Modellaufbau erlaubt es, mit relativ wenigen Versuchsergebnissen Interpolationen auf verschiedene Bedingungen zu machen, so daß eine Entscheidungshilfe ohne langwierige, teure Forschung gegeben werden kann. Ein Modell der "Bodenlebensdauer", das eine minimale Bodentiefe festlegt, wobei von der Wasserspeicherkapazität als dem am stärksten begrenzenden Faktor der Bodenproduktivität ausgegangen wird, ist zur Schätzung des tolerierbaren Bodenabtrags erfolgreich auf semiaride Gebiete angewandt worden (ZÜBISCH, 30).

Für eine effektive Politikformulierung werden darüberhinaus Kenntnisse über quantitative Beziehungen zwischen Bodendegradation und Produktivität benötigt, die eine ökonomische Einschätzung ermöglichen. Erst wenn solche Daten in ausreichendem Maß, das heißt für die pedologischen, topographischen und klimatischen Verhältnisse in Entwicklungsländern verfügbar sind, können Rentabilitätsschwellen für den Einsatz von Bodenschutzmaßnahmen berechnet werden. Mit modernen Planungshilfsmitteln wäre dann relativ einfach eine betriebswirtschaftliche Beurteilung in Anpassung an lokale Produktionsbedingungen und Preisverhältnisse möglich.

Der Boden als Produktionsgrundlage für die Landwirtschaft setzt sich aus vielen Komponenten zusammen, von denen nur einige erneuerbar sind, so daß keine eindeutige Zuordnung zu einer Kategorie von Ressourcen möglich ist. Sobald durch Degradation ein kritischer Bereich überschritten ist, z.B. Freilegung des Ausgangsmaterials durch Erosion, kann ein aus technischen oder ökonomischen Gründen nicht mehr wieder gut zu machender Verlust eintreten. Bei der Festlegung staatlicher Politik und Mittelvergabe in diesem Bereich kann es unter Bedingungen großer Unsicherheit über zukünftige ökonomische und technologische Entwicklungen angebracht sein, nicht nach Kriterien der Maximierung von Nationalprodukt oder Einkommen zu entscheiden, sondern als Kriterien den Effekt auf signifikante Umweltveränderungen zu nehmen (CIRIACY-WANTRUP, 6). Das heißt im Bereich

des Bodenschutzes, es sollte versucht werden nur solche Systeme der Bodennutzung zu fördern, die keine irreversiblen Verluste verursachen.

Für die Auswahl nicht nur technisch effektiver, sondern auch ökonomisch effizienter und sozial akzeptabler Maßnahmen ist es sinnvoll, diese in einem Systemzusammenhang zu überprüfen. Farming Systems Research bietet die Möglichkeit, durch Bodenschutz bewirkte Änderungen in den Interdependenzen zwischen einzelnen Teilen des Betriebs und Haushalts zu beurteilen und auch den Zusammenhang zu physikalischen, biologischen, sozialen und ökonomischen Faktoren herzustellen, die nicht unter der Kontrolle des Betriebs sind (SHANER, 25).

Wegen der überragenden Bedeutung der Bodenbedeckung und des Gehalts an organischer Substanz des Bodens als Erosionsschutz einerseits, den hohen Aufwendungen zur Errichtung baulicher Strukturen andererseits, sollten verstärkt Management und Anbautechnik berücksichtigt werden. Zentrale Bedeutung kann dabei Fortschritten zur Ertragssteigerung zukommen, da höhere Erträge in der Regel eng korreliert sind mit einem höheren Blattflächenindex (MBAGWU, 17), dadurch besserer Bodenbedeckung, geringerem Wasserabfluß und Nährstoffverlusten. Im Falle von Subsistenzprodukten, bei denen ein Ertrag in bestimmter Höhe benötigt wird, kann durch Ertragssteigerung die benötigte Anbaufläche reduziert werden. Wenn es sich um einjährige, relativ erosionsfördernde Kulturen handelt, wird dadurch Erosion reduziert, ein Effekt, der überproportional wirksam wird, wenn der Anbau auf besonders erosionsanfälligen Flächen eingeschränkt werden kann.

In vielen Fällen werden unter den ökonomischen und sozialen Verhältnissen in Entwicklungsländern von den Bauern nur solche Veränderungen akzeptiert, die auch kurz- und mittelfristig das Aufwands-Ertragsverhältnis verbessern. Bodenschutzmaßnahmen sollten daher entweder direkt dazu beitragen, oder mit entsprechenden technischen Fortschritten kombiniert sein.

## 8. Zusammenfassung

Das Problem der Bodendegradation für Entwicklungsländer zu quantifizieren ist zur Zeit nicht möglich, noch weniger die Wirkung auf die Bodenproduktivität. Das Risiko von Degradationsprozessen ist in den Tropen und Subtropen aber allgemein hoch einzuschätzen, dementsprechend sind auch

hohe Produktivitätsverluste zu erwarten. Eine Beurteilung der Auswirkungen von Bodendegradation muß sich auf definierte Regionen beschränken und neben ökologischen vermehrt wirtschaftliche und soziale Faktoren berücksichtigen.

Dem Einsatz bodenschützender Maßnahmen in Entwicklungsländern stehen von einzelbetrieblicher Seite die langfristige Wirksamkeit und die meist hohen Anfangsaufwendungen entgegen, staatliche Eingriffsmöglichkeiten werden durch mangelnde organisatorische und finanzielle Mittel beschränkt. Ein effektiver Bodenschutz benötigt eine verbesserte Datengrundlage, speziell für die ökonomische Einschätzung. Die Wirksamkeit von Techniken und Managementmaßnahmen sollte in einem Systemzusammenhang geprüft werden. Besondere Bedeutung kommt Maßnahmen zu, die die Bodenbedeckung erhöhen oder zu einer Ertragssteigerung führen.

#### L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. ADELHELM, R., Standortgerechte Landwirtschaft - Ansätze in der technischen Zusammenarbeit. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus e.V., Bd. 22, Münster-Hiltrup, 1986.
2. ALLAN, W., The African Husbandman, Edinburgh and London, 1967.
3. ARLEDGE, J.E., Soil conservation at work: Guatemala's small farm project. Journal of Soil and Water Conservation, 35, 4, 1980.
4. BENNETT, H.H., Soil Conservation, New York, 1939.
5. BLAIKIE, P., The Political Economy of Soil Erosion in Developing Countries, New York, 1985.
6. CIRIACY-WANTRUP, S.V., Resource Conservation. Economics and Policies, University of California, Berkeley, 1952.
7. DER BUNDESMINISTER DES INNERN, Umweltprobleme der Landwirtschaft, Sondergutachten des Rates der Sachverständigen für Umweltfragen, Bonn, 1985.
8. ELWELL, H.A., A Soil Loss Estimation Technique for Southern Africa. In: Morgan, R.P.C. (ed.): Soil Conservation, Problems and Prospects, Chichester, 1981.
9. ERVIN, D.E. & WASHBURN, R.A., Profitability of Soil Conservation Practices in Missouri. Journal of Soil and Water Conservation, 36, 4, 1981.
10. FAO, Agriculture towards 2000, Rome 1979.
11. GREENLAND, D.J., The Magnitude and the Importance of the Problem. In: Greenland & Lal (eds.): International Conference on Soil Conservation and Management in the Humid Tropics, Ibadan, Nigeria, 1977.

12. GIFFORD, G.F. & WHITEHEAD, J.M., Soil Erosion Effects on Productivity in Rangeland Environments; Where is the research? *Journal of Range Management*, 35, 6, 1982.
13. GREENLAND, D.J., Soil Structure and Erosion Hazard. In: Greenland & Lal (eds.): *International Conference on Soil Conservation and Management in the Humid Tropics*, Ibadan, Nigeria, 1977.
14. GRIGG, D.B., *The Harsh Lands*, London, 1970.
15. HOLTMAN, J.B. et al., Potential Corn Yield Related Economic Incentives for Soil Carbon Conservation. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 1979.
16. LAL, R., Soil Erosion Control from Tropical Arable Lands and its Control. *Advances in Agronomy*, 37, 1983.
17. MBAGWU, J.S.C., Effects of Soil Erosion on the Productivity of Agricultural Lands in the Humid Tropics. *Beiträge zur tropischen Landwirtschaft und Veterinärmedizin*, 24, 2, 1986.
18. PIMENTEL, D. et al., *Land Degradation: Effects on Food and Energy Resources*. Science, 194, 1976.
19. REHM, S., Land development in the humid tropics. *Internationales Symposium zur Agrarmechanisierung*, DLG, Frankfurt/Main, 1978.
20. RIQUIER, J., A World Assessment of Soil Degradation. *Nature and Resources*, XVIII, 2, 1982.
21. ROOSE, E.J., Application of the Universal Soil Loss Equation of Wischmeier and Smith in West Africa. In: Greenland & Lal (eds.): *International Conference on Soil Conservation and Management in the Humid Tropics*, Ibadan, Nigeria, 1977.
22. RUTHENBERG, H., *Farming Systems in the Tropics*, Oxford, 1980.
23. RUTHENBERG, H. & LEHMANN, V.C., The Economic Loss through Soil Erosion (An Example). *Quarterly Journal of International Agriculture*, 19, 3, 1980.
24. RUTHENBERG, H./JAHNKE, H.E., *Innovation Policy for Small Farmers in the Tropics*, Oxford, 1985.
25. SHANER, W.W. et al., *Readings in Farming Systems Research and Development*, Boulder, Colorado, 1982.
26. STOCKING, M., Erosion and Soil Productivity: A Review. *Land and Water*, 22, Technical Newsletter of the L&WD Division, FAO, Rome, 1985.
27. UN, *Desertification: Its Causes and Consequences*. Background Documents of the United Nations Conference on Desertification, Nairobi, 1977.
28. WISCHMEIER, W.H., Use and Misuse of the Universal Soil Loss Equation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 31, 1976.
29. ZOBISCH, M.A., Zur geschichtlichen Entwicklung der Viehhaltung und der Erosion auf den Weideflächen im Machakos-Distrikt. *Arbeiten und Berichte Nr. 8*, Gesamthochschule Kassel, 1985.
30. ZOBISCH, M.A., Erfassung und Bewertung von Bodenerosionsprozessen auf Weideflächen im Machakos-Distrikt von Kenia. *Der Tropenlandwirt*, Beiheft Nr. 27, 1986.