



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

*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.*

Heisenhuber, A., Schmidlein, E.-M.: Ökonomische und ökologische Aspekte der Bodenerosion. In: von Urf, 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. 303-315.

ÖKONOMISCHE UND ÖKOLOGISCHE ASPEKTE DER BODENEROSION

von

Alois HEISSENHUBER und Eva-Maria SCHMIDTLEIN,
Weihenstephan

1. Einleitung

Der Prozeß des Bodenabtrages ist zwar eine Erscheinung der erdgeschichtlichen Entwicklung, aber bestimmte Formen der Landnutzung haben in einigen Gebieten diesen Vorgang deutlich beschleunigt. In der Bundesrepublik Deutschland stieg in jüngster Zeit vor allem durch die Ausweitung des Silomaisanbaues (1970 = 190 000 ha und 1986 = 954 000 ha) im Zusammenwirken mit einer Reihe von anderen Faktoren das Ausmaß der Bodenerosion drastisch an. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß große Erosionsschäden auch bei anderen Kulturen auftreten wie z.B. Zuckerrüben, Hopfen und Rebflächen.

2. Ursachen und Folgen der Bodenerosion

Für das Ausmaß der Bodenerosion sind eine Vielzahl von Faktoren maßgeblich. Einige dieser Einflußgrößen sind nicht (z.B. die Niederschlagsmenge) oder u.U. nur im Rahmen von Flurbereinigungsverfahren (z.B. Schlagform) veränderbar. Der Landwirt kann durch Maßnahmen zur Verbesserung der Bodenstruktur vor allem aber über Fruchtfolgegestaltung und Anbautechnik den Umfang der Bodenerosion beeinflussen. Die Einsicht der Landwirte in die Notwendigkeit, Anstrengungen zur Minderung der Bodenerosion zu unternehmen ist aber häufig deshalb nicht gegeben, weil bei der flächenhaften Erosion die Schäden kurzfristig kaum erkannt werden.¹⁾ Dabei muß man aber anmerken, daß durch Bodenerosion nicht nur der Landwirt einen wirtschaftlichen Schaden erleidet, sondern daß davon auch die Umwelt betroffen ist. Die ökonomischen und ökologischen Konsequenzen beziehen sich auf folgende Bereiche: a) Boden (Veränderung des Bodenprofils und des Wasser- und Lufthaushaltes im Boden, Abtrag und teilweise Ansammlung von Nährstoffen und

¹ Vgl. dazu DIEZ (5), Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (4, S. 330) und QUIST (1).

organischer Substanz, zunehmende Differenzierung der Bodenqualität innerhalb eines Feldschlages), b) Bodenleben (Veränderung der Lebensbedingungen), c) Kulturpflanzen (Ertrags- und Qualitätseinbußen, Zunahme der Ertragschwankungen), d) Gewässer (Eintrag von Sedimenten, Pestiziden und Schwermetallen, Eutrophierung, Einwirkung auf die Lebensbedingungen im Wasser lebender Organismen), e) Landschaft (Verschüttung von Gräben, Belastung von Feldrainen, Hecken und dgl.). Einige der aufgeführten Schäden sind ökonomisch zumindest teilweise quantifizierbar, wie z.B. der Nährstoffverlust oder ein Ertragsrückgang. Andere Folgen sind sehr viel schwieriger (z.B. zunehmende Ertragschwankungen) oder kaum monetär zu erfassen (wie z.B. die Gewässereutrophierung). An dieser Vielfalt von negativen Folgen der Bodenerosion wird deutlich, daß Erosionsschäden in gefährdeten Lagen ein gravierendes Problem bestimmter Formen der Landbewirtschaftung darstellen.

3. Quantifizierung des Bodenabtrages

Für das Ausmaß der Bodenerosion sind, wie bereits angesprochen, eine Vielzahl von Faktoren maßgeblich. Ein Verfahren zur quantitativen Abschätzung wurde von Wischmeier und Smith (20) entwickelt und von Schwertmann et al. (16) auf die bayerischen Verhältnisse angepaßt. Anhand der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG) ist es mit folgenden sechs Parametern möglich, für jeden Standort in Bayern eine Vorschätzung für den langjährigen mittleren jährlichen Bodenabtrag (A) hinreichend genau durchzuführen (s. SCHWERTMANN et al., 16):

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

Die einzelnen Faktoren stellen z.T. Relativzahlen dar, die sich auf die Verhältnisse eines definierten Standardhanges beziehen. Durch Multiplikation der einzelnen Faktoren wird der durchschnittliche jährliche Bodenabtrag ermittelt.

In einem gegebenen Betrieb ist, abgesehen vom P-Faktor (z.B. durch Konturnutzung) hauptsächlich der C-Faktor beeinflussbar. So besteht bei gleichen Kulturmaßnahmen folgender Zusammenhang zwischen C-Faktor und Fruchtfolge:

Silomaisanteil in der Fruchtfolge (Restfläche ist Getreide)	C-Faktor (mit 100 multipliziert)
33 %	18
50 %	28
66 %	40

Daraus resultiert bei 66 % Silomaisanteil ein mehr als doppelt so hoher Bodenabtrag als bei 33 %, d.h. mit zunehmendem Maisanteil steigt der durchschnittliche Bodenabtrag wesentlich an. Zur besseren Veranschaulichung wurde unter Verwendung der ABAG sowie der von Schwertmann et al. (16) angegebenen Daten ein funktionaler Zusammenhang zwischen Silomaisanteil und Bodenabtrag für zwei im LS-Faktor unterschiedliche Standorte hergestellt (siehe Abb. 1). Dabei ist darauf hinzuweisen, daß von Schwertmann et al. (16) nur für Fruchtfolgen bis maximal 66 % Silomaisanteil C-Faktoren zur Verfügung stehen. Die C-Faktoren bis zu einem Maisanteil von 75 % wurden durch Extrapolation gewonnen und sind demzufolge nur unter Vorbehalt zu interpretieren.

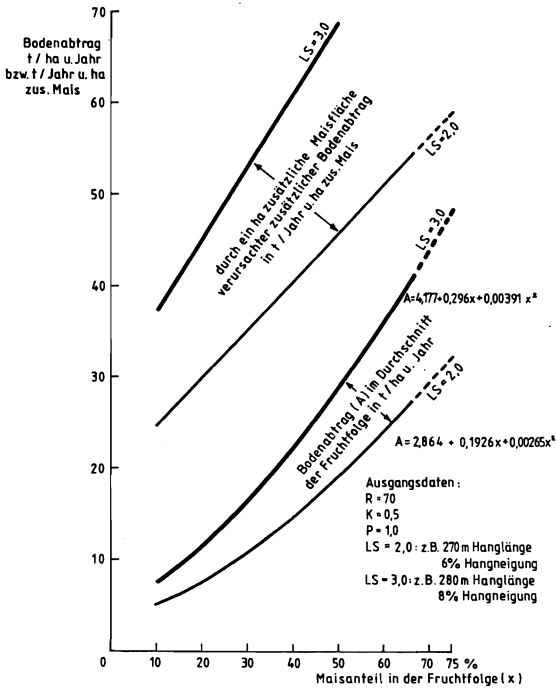
Wie Abbildung 1 zeigt, erhöht sich bei einem Schlag mit $LS = 2,0$ der jährliche Bodenabtrag im Durchschnitt der Fruchtfolge von ca. 5 t/ha bei 10 % Maisanteil auf über 30 t/ha bei 75 % Maisanteil. Ungünstigere Verhältnisse ($LS = 3,0$) haben einen deutlich höheren Bodenabtrag zur Folge, der in diesem Fall um 50 % über dem Niveau eines Schlages mit $LS = 2,0$ liegt.

Für weitergehende Überlegungen ist es interessant zu wissen, welchen Bodenabtrag die Ausdehnung bzw. Einschränkung des Maisanbaues um ein Hektar bei einem bestimmten Ausgangsniveau des Maisanteils verursacht. Wie Abb.1 diesbezüglich zeigt, erhöht sich der Bodenabtrag unter den angegebenen Bedingungen auf der Gesamtfläche eines Betriebes mit $LS = 2,0$ und einem Maisanteil von 50 % um ca. 45 t, wenn die Maisfläche um eine Flächeneinheit ausgeweitet wird und bei etwas weniger günstigen Bedingungen ($LS = 3,0$) um knapp 70 t pro Jahr, d.h. dem zusätzlichen ha Mais sind die genannten zusätzlichen Mengen anzulasten.

4. Versuch einer Abschätzung des ökonomisch vertretbaren Maisanteiles

Zur Ermittlung des aus ökonomischer Sicht noch vertretbaren Maisanteiles in der Fruchtfolge wäre es denkbar, die proportionalen Spezialkosten des

Abbildung 1: Bodenabtrag in Abhängigkeit vom Silomaisanteil (ohne Erosionsschutzmaßnahmen)



Quelle: Schwertmann et al. (16) und eigene Berechnungen.

Maisanbaues um die Kosten der jeweils durch die Bodenerosion verursachten Verluste bzw. Schäden zu ergänzen und diesen Betrag mit den Kosten konkurrierender Futtermittel (wirtschaftseigene oder zugekaufte) zu vergleichen.

Die Erfassung aller durch Bodenerosion verursachten negativen Wirkungen, die entweder innerhalb eines Betriebes zur Geltung kommen, wie z.B. Ertragseinbußen, oder als negative externe Effekte die Umwelt belasten, wie z.B. Gewässereutrophierung und deren monetäre Bewertung, dürfte kaum möglich sein. Es wäre lediglich denkbar, in einer ersten Näherung die durch den Bodenabtrag verursachten Ertrags- und Nährstoffverluste zu quantifizieren, um so einen mit aller Vorsicht zu beurteilenden Ausgangswert für einen Teil der Erosionsschäden zu gewinnen. Zur Bewertung der unter bestimmten Voraussetzungen durch Erosion verursachten Ertragseinbußen steht

jedoch auch nur eine äußerst schmale Datenbasis zur Verfügung. So ermittelte Schröder (17) für Getreide einen Ertragsrückgang um ca. 20 kg/ha je cm Abnahme der Lößlehmächtigkeit. Stürmer, Becher und Schwertmann (19) stellten bei Silomais im erosiven Teil des Hanges eine Ertragseinbuße von ca. 0,5 % je cm verringerter Schluffdicke fest. Da die Wasserversorgung einen entscheidenden Faktor darstellt, beeinflußt auch die jährliche Niederschlagsmenge die Enge des Zusammenhangs zwischen Schluffdicke und Ertragsniveau. In der angegebenen Relation zwischen Ertrag und Schluffdicke wurden zwar die Kolluvien der Hangfüße nicht berücksichtigt, jedoch konnte dort in vier von sechs Fällen eine deutliche Ertragsdepression festgestellt werden, d.h. angeschwemmtes Material hat nicht, wie häufig angenommen, zu einer Ertragssteigerung, sondern zu einer Ertragseinbuße geführt.

Wenn die Zusammenhänge zwischen Bodenerosion und Ertrag mit diesen Untersuchungen bei weitem nicht umfassend beschrieben sind, soll trotz aller Einschränkungen der Versuch unternommen werden, die durch Erosion hervorgerufene Ertragseinbuße monetär zu quantifizieren. Ausgehend von der von Stürmer, Becher und Schwertmann (19) für bestimmte Standorte errechneten Beziehung, daß der Ertrag von 100 % (bei 130 cm Schluffdicke) auf 40 % (bei 0 cm Schluffdicke) absinkt, errechnet sich bei einer gegebenen Ausgangssituation je nach Maisanteil in der Fruchtfolge und damit je nach durchschnittlichem jährlichem Bodenabtrag ein unterschiedlich langer Zeitraum, bis die gesamte, z.B. über Sand und Kies liegende Schluffdecke erodiert ist. Die Länge des Betrachtungszeitraumes kann ermittelt werden aus dem jährlichen Bodenabtrag der "bodenschonendsten" Fruchtfolge und der gegebenen Schluffdicke (1 cm = 130 t/ha Boden). Aus dem jährlichen Bodenabtrag läßt sich ein jährlicher Ertragsverlust errechnen, der über den Betrachtungszeitraum kumuliert den gesamten Ertragsverlust ergibt. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wird für alle untersuchten Stufen des jährlichen Bodenabtrages der gesamte Ertragsverlust auf den längsten Betrachtungszeitraum aufgezinnt. Dabei ist unterstellt, daß nach dem Abtrag der gesamten Schluffdecke keine weitere Ertragseinbuße mehr erfolgt. Der für jede Stufe des Maisanteils unter Berücksichtigung eines bestimmten Zinssatzes zum Ende des Betrachtungszeitraumes errechnete gesamte monetäre Ertragsverlust wird dann in gleichbleibende Beträge auf die einzelnen Jahre verteilt (verrentet) und durch Bezug auf den jährlichen Bodenabtrag der einer Tonne Boden anzulastende Ertragsverlust errechnet. Dieser führt unter sonst gleichen Bedingungen zu höheren Kosten je Nährstoffeinheit im Silomais. Bei einem Boden mit 60 cm Schluffdicke und einem Ausgangs-

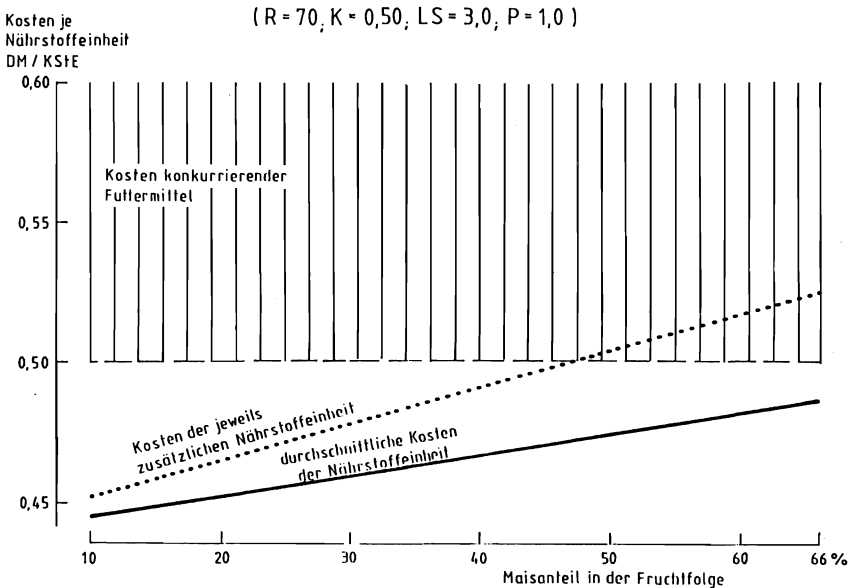
ertrag von 2 700 DM/ha (errechnet aus einem Ertrag von 4 000 DM/ha bei 130 cm Schluffdicke) ermittelt sich je nach Höhe des angemessenen Zinssatzes ein Ertragsverlust von ca. 3 bis 10 DM, der durch den Abtrag von einer Tonne Boden verursacht wird. In dieser Kalkulation wurde vereinfachend von gleichbleibenden Preis- und Zinsniveaus ausgegangen. Mit sinkendem Ertrag verbundene Veränderungen des Aufwandes blieben ebenso unberücksichtigt wie durch den technischen Fortschritt bedingte Entwicklungen.

Neben der Ertragseinbuße hat die Bodenerosion meist auch einen Verlust an pflanzenverfügbaren Nährstoffen und organischer Substanz zur Folge (vgl. STORMER, BECHER und SCHWERTMANN, 19), dessen monetäre Quantifizierung allein schon aufgrund der großen Schwankungsbreite sehr problematisch ist. Schwierigkeiten macht es zudem, den Grad der Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe im erodierten Bodenmaterial zu ermitteln. Zur Berechnung einer Ausgangsgröße wurden die unteren Werte der Gesamtnährstoffgehalte des Bodens verwendet¹⁾ und mit den Reinnährstoffkosten in Handelsdüngern multipliziert. Für den Wert der organischen Substanz kamen, trotz eingeschränkter Vergleichbarkeit, die Kosten einer Gründüngung zur Produktion einer entsprechenden Menge an organischer Substanz zum Ansatz. In der Summe errechnete sich unter diesen Bedingungen ein Verlust an Nährstoffen und organischer Substanz von 5 DM/t abgetragenen Bodens als Mindestwert. Für den Ertrags- und Nährstoffverlust ist somit bei allen Einschränkungen ein Betrag von 8 bis 15 DM je Tonne Boden anzusetzen. Es sei aber nochmals darauf hingewiesen, daß damit nur ein kleiner Teil der Erosionsschäden erfaßt sein dürfte.

Für den folgenden Kostenvergleich wird davon ausgegangen, daß bei einem Maisanteil von 10 % mit durchschnittlichen proportionalen Spezialkosten von 0,435 DM/kStE zu rechnen ist. Mit zunehmendem Maisanteil steigen die Kosten durch vermehrte Ertrags- und Nährstoffverluste. Wie Abbildung 2 zeigt, erhöhen sich mit steigendem Maisanteil die durchschnittlichen Kosten je Nährstoffeinheit bei einem Standort mit LS = 3,0 von rund 0,44 DM/kStE auf ca. 0,49 DM/kStE. Unter der Annahme, daß die Kosten eines konkurrierenden Futtermittels (z.B. Getreide-Ganzpflanzensilage, Weidelgras-silage oder zugekaufter Silomais) bei 0,50 DM/kStE liegen, bestünde noch keine Notwendigkeit, Maissilage durch ein anderes Futtermittel zu ersetzen.

¹ Vgl. SCHACHTSCHABEL et al. (13; S. 210, 214, 227, 240).

Abbildung 2: Kosten je Nährstoffeinheit in der Maissilage in Abhängigkeit vom Maisanteil in der Fruchtfolge unter Berücksichtigung der Verluste an Ertrag und Bodennährstoffen¹⁾



1) mittleres Niveau mit 10 DM/t Boden.

Es stellt sich aber die Frage, inwieweit die Durchschnittskosten überhaupt geeignet sind, die Höhe des maximal noch vertretbaren Maisanteils zu ermitteln. Sofern die Durchschnittskosten der Maissilage höher sind als die Kosten der entsprechenden Nährstoffeinheit eines wirkungsgleichen konkurrierenden Futtermittels, müßte konsequenterweise der gesamte Maisanbau aufgegeben und stattdessen das konkurrierende Futtermittel eingesetzt werden. Entscheidend für den ökonomisch noch vertretbaren Maisanteil sind die Kosten der jeweils zusätzlich produzierten Nährstoffeinheiten. Wie Abbildung 2 verdeutlicht, kostet die ab einem Maisanteil von knapp 50 % zusätzlich produzierte Maissilage mehr als 0,50 DM/kStE. Sofern ein entsprechendes Konkurrenzfuttermittel für diesen Preis zur Verfügung steht, ist es nicht sinnvoll, den Maisanteil weiter auszudehnen.

Der maximal vertretbare Maisanteil ist somit dann gegeben, wenn die Kosten der jeweils zusätzlich produzierten Nährstoffeinheit so hoch sind wie entsprechende Kosten eines wirkungsgleichen eigenerzeugten oder zugekauften

Konkurrenzfuttermittels. In einer derartigen Kalkulation müßten aber auf jeden Fall auch noch andere Effekte monetär erfaßt werden, wie z.B. die mit zunehmendem Maisanbau vermehrt auftretenden Probleme der Unkrautbekämpfung oder ein möglicherweise steigender Aufwand für die Bodenbearbeitung.

Darüber hinaus wäre es bei dieser Vorgehensweise unbedingt notwendig, die außerhalb des Betriebes zu beobachtenden Erosionsschäden, wie z.B. Verunreinigung von Gewässern oder Überschwemmung von Wegen, zu quantifizieren und der die Erosion verursachenden Kultur anzulasten. Abgesehen von den außerordentlich großen Schwierigkeiten, alle innerhalb und außerhalb der Betriebe erfolgten Schädigungen monetär zu erfassen, stellt sich die Frage, ob es denn überhaupt gerechtfertigt ist, diesen Ansatz zu wählen. Wenn ordnungsgemäße Landbewirtschaftung u.a. die Bodenfruchtbarkeit vor allem durch Aufrechterhaltung eines geordneten Nährstoff- und Humushaushaltes dauerhaft sichert, gleichzeitig die Stabilität des Naturhaushaltes nicht gefährdet und Eingriffe in die Wirkungszusammenhänge von Boden, Flora und Fauna auf einen ökologisch vertretbaren Umfang begrenzt¹⁾, dann kann eine Wirtschaftsweise, die den - wenn auch langfristigen - Abbau der Ertragsfähigkeit und das Auftreten von gravierenden Umweltbelastungen zwar kostenmäßig einkalkuliert, aber dennoch hinnimmt, nicht mehr als ordnungsgemäß bezeichnet werden. In diesem Zusammenhang deuten sich Parallelen zum außerlandwirtschaftlichen Bereich an. Es wird z.B. auch nicht versucht, die Schäden einer ungeklärten Einleitung von Abwässern in einen Fluß zu quantifizieren, um die dann entsprechend erhöhten Gestehungskosten eines Produktes mit dem Preis von Ersatzprodukten zu vergleichen, sondern man verlangt die vorherige Klärung des Abwassers. Für den Betrieb stellt sich dann das Problem, mit geringstmöglichen Kosten die vorgegebenen Grenzwerte einzuhalten.

5. Anwendung des Toleranzgrenzenkonzeptes in der Fruchtfolgeplanung

Im Hinblick auf die noch tolerierbare Bodenerosion wurden bereits Grenzwerte definiert. Eine ordnungsgemäße Landbewirtschaftung ist in dieser Hinsicht dann gegeben, wenn in einer Fruchtfolge die in Abhängigkeit von Bodentyp, Tiefgründigkeit etc. festgelegten Grenzen für den noch tolerier-

¹ Vgl. BUNDESMINISTERIUM DES INNERN; Bodenschutzkonzeption (3).

baren Bodenabtrag eingehalten werden (vgl. SCHWERTMANN et al., 16).

Die Toleranzgrenze wird für einen Boden mit 30 - 60 cm Krumentiefe mit 3 t/ha und Jahr und für einen sehr tiefgründigen Boden mit über 100 cm Krumentiefe mit 10 t/ha und Jahr angegeben. In der Nähe von Oberflächen-gewässern könnte es der Fall sein, daß die aus bodenkundlicher Sicht definierten Toleranzwerte zu hoch sind. Hier müßten dann aus Gründen des Gewässerschutzes entsprechend niedrigere Werte festgesetzt werden, die sich dann entsprechend auf die Art der Landnutzung oder das Einfügen von Schutzstreifen auswirken würden. Die Berücksichtigung von Toleranzgrenzen für den Bodenabtrag wäre generell vergleichbar mit den bekannten Fruchtfolgebegrenzungen für einzelne Kulturen oder anderen Kapazitätsgrenzen wie z.B. dem im Betrieb vorhandenen Flächenumfang und somit nur eine Ergänzung bereits bestehender Restriktionen.

Die Anwendung des Toleranzgrenzenkonzepts soll im folgenden am Beispiel eines Rindermastbetriebes mit Silomaisanbau verdeutlicht werden. Dabei wird vereinfachend davon ausgegangen, daß in diesem Betrieb alle Schläge gleich gestellt sind und somit zwischen den einzelnen Faktoren der ABAG keine Unterschiede bestehen. Unter Vorgabe des maximal vertretbaren Bodenabtrages läßt sich anhand der ABAG der C-Faktor ermitteln, bei dem die Toleranzgrenze eingehalten wird. Ausgehend von 10 t/ha und Jahr als obersten Toleranzwert und den Faktoren $R = 70$; $K = 0,50$; $P = 1,0$ und $LS = 2,0$ errechnet sich ein noch tolerierbarer C-Faktor von 0,143. Nun gibt es für einen Betrieb eine Vielzahl von Maßnahmen, um den Bodenabtrag in Grenzen zu halten. Im wesentlichen sind dabei zu unterscheiden: a) Allgemein ackerbauliche Maßnahmen (z.B. konventioneller Zwischenfruchtanbau, Verminderung von Fahrspuren), b) mechanische/landtechnische Maßnahmen (Konturnutzung, reduzierte Bodenbearbeitung, verbesserte Bestelltechnik, Spurlockerung), c) pflanzenbauliche Maßnahmen (Erosionsschutzstreifen, Getreide-Reiheneinsaat, Untersaat), d) Kombinationen aus pflanzenbaulichen und landtechnischen Maßnahmen (Mulchsaatverfahren bei reduzierter Bodenbearbeitung zur Maisbestellung, z.B. Direktsaat- und Streifenfräsverfahren oder ganzflächiges Einmulchen der Zwischenfruchtbestände bei der Maissaat).

Da aber nur für einige davon ein C-Faktor definiert wurde, beschränken sich die Berechnungen auf folgende Anbautechniken des Silomais:

- konventioneller Anbau (C-Faktor bei 50 % Maisanteil 0,26 bis 0,28)
- Spurlockerung zwischen den Maisreihen (0,21 bis 0,24)
- Getreide-Reiheneinsaat zwischen die Maisreihen (0,15 bis 0,17)
- Mulchsaat, d.h. Aussaat des Maises in Pflanzenmulch (0,05 bis 0,08).

Da sich die einzelnen Anbautechniken u.a. im C-Faktor unterscheiden, müssen folglich in einem Betrieb mit steigendem Maisanteil unter sonst gleichen Bedingungen erosionsmindernde Anbaumethoden gewählt werden, die einen niedrigen C-Faktor aufweisen und es somit ermöglichen, den vorgegebenen Grenzwert einzuhalten. Dadurch steigen aber die Kosten des Maisanbaues an und es stellt sich auch hier die Frage nach dem aus ökonomischen Gründen maximal vertretbaren Maisanteil.

6. Gesamtbetriebsbetrachtung unter Berücksichtigung des Toleranzgrenzenkonzeptes

Im folgenden soll die Betrachtungsweise durch Einbeziehung der Tierhaltung auf den Gesamtbetrieb ausgedehnt werden. Dabei ist unterstellt, daß ein Bullenmastbetrieb (40 ha LF) seinen Tierbestand so stark aufgestockt hat, daß im Durchschnitt 50 % der Fläche für den Silomaisanbau benötigt werden. Die herkömmliche Anbauform von Silomais führt bei diesem Maisanteil und unter den oben angegebenen Faktoren der ABAG bei einem LS = 3,0 im Durchschnitt der Fruchtfolge zu einem Bodenabtrag von über 30 t/ha und Jahr; bei einem LS = 2,0 wird noch ein durchschnittlicher Bodenabtrag von ca. 20 t/ha und Jahr geschätzt. Diese Mengen liegen weit über der Toleranzgrenze eines sehr tiefgründigen Bodens.

Zur Einhaltung der Toleranzgrenze ist es notwendig, die herkömmlich bestellte Maisfläche auf rund 25 % der LF einzuschränken und die dann fehlende Grundfuttermenge (ca. 75 000 kStE) anderweitig zu beschaffen. Wie Übersicht 1 zeigt, beläuft sich der Gesamtdeckungsbeitrag bei einem Preis für das eigenerzeugte oder zugekaufte Konkurrenzfuttermittel von 0,60 DM/kStE auf ca. 81 000 DM. Maßnahmen wie die Spurlockerung im Mais oder die Einsaat von Getreidereihen zwischen die Maisreihen ermöglichen unter Einhaltung der Toleranzgrenzen für den Bodenabtrag eine Ausweitung der Maisfläche auf knapp 30 bzw. über 40 %. Der anderweitig zu beschaffende Grundfutterbedarf verringert sich und der Gesamtdeckungsbeitrag steigt unter den angenommenen Bedingungen an. Fast das gesamte Grundfutter kann wieder

Übersicht 1: Organisation und Deckungsbeitrag eines Bullenmastbetriebes¹⁾ bei unterschiedlichen Anbautechniken des Grundfutters (konstante Tierzahl; Einhalten der Toleranzgrenze im Bodenabtrag)

Anbautechnik des Silomais ²⁾	"konventionell"	"Spurlockerung"	"Reiheneinsaat"	"Mulchsaat"	"Kombination" ³⁾
Silomaisfläche (ha)	10,3	11,3	17,0	20,0	13,6
(% der AF)	26	28	43	50	34
zusätzlicher Futterbedarf (kStE)	74 000	66 000	28 000	7 000	-
Gesamtdeckungsbeitrag ohne Kosten des Zusatzfutters (DM/Jahr)	125 700	122 300	102 800	93 600	89 200
Kosten des zusätzlichen Futters (DM/Jahr) ⁴⁾	44 400	39 600	16 800	4 200	-
Gesamtdeckungsbeitrag (DM/Jahr) ⁵⁾	81 300	82 700	86 000	89 400	89 200
organisatorischer Aufwand	mittel	mittel	mittel	hoch	sehr hoch
<p>¹⁾ 40 ha LF; mit Futter- und Getreidebau; 92 Mastbullen Jahresproduktion; max. Bodenabtrag A = 10 t/ha u. Jahr errechnet aus R = 70; LS = 2,0; K = 0,5 und C = 0,143.</p> <p>²⁾ Mit unterschiedlichen Maßnahmen gegen Bodenerosion.</p> <p>³⁾ Aus Silomais (13,6 ha), Getreide-Ganzpflanzensilage (6,2 ha) und Weidelgrassilage (6,2 ha) als Zwischenfrucht.</p> <p>⁴⁾ Bei 0,60 DM/kStE an Kosten für das zusätzliche Futter.</p> <p>⁵⁾ Unter Berücksichtigung der Kosten für das zusätzliche Futter.</p>					

von der Maisfläche gewonnen werden, wenn die sog. Mulchsaat durchgeführt wird. Der noch zusätzlich gegebene Futterbedarf (ca. 7 000 kStE) resultiert aus der Annahme eines etwas niedrigeren Ertrages im Mulchsaatverfahren gegenüber dem konventionellen Anbau von Silomais. Der Deckungsbeitrag steigt weiter an, gleichzeitig aber auch der organisatorische Aufwand durch den für die Mulchsaat notwendigen Zwischenfruchtanbau.

Aufgrund der Probleme mit zu hohen Maisanteilen in der Fruchtfolge wird in jüngster Zeit verstärkt die Gewinnung von Getreide-Ganzpflanzensilage (GPS) oder Weidelgrassilage diskutiert, um damit einen Teil der Maissilage zu ersetzen. Aus diesem Grunde ist in Übersicht 1 auch eine Variante "Kombination" von Silomais mit GPS bzw. Weidelgrassilage aufgeführt. Je nach Ertragsrelation zwischen Silomais und GPS bzw. Weidelgrassilage kann damit ein ähnlich hoher Deckungsbeitrag erzielt werden wie in der Variante "Mulchsaat", der organisatorische Aufwand dürfte aber noch etwas höher anzusetzen sein. An dieser Stelle sei noch erwähnt, daß aus Gründen der Vergleichbarkeit alle Varianten rechnerisch den gleichen Bodenabtrag verursachen. Um dies zu erreichen, wurde im LP-Modell bei jeder Version jeweils auch Silomais mit herkömmlicher Anbautechnik zugelassen.

Insgesamt gesehen ermöglicht die Anwendung entsprechender Maßnahmen selbst spezialisierten Rindermastbetrieben in exponierten Lagen die Grundfuttergewinnung so zu gestalten, daß der Bodenabtrag ein tolerierbares Maß nicht übersteigt und zugleich der vorhandene Viehbestand und auch das Einkommensniveau beibehalten werden können.

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

1. AUERSWALD, K., Beurteilung der Erosionsanfälligkeit von Mais bei unterschiedlichen Anbauverfahren, In: Acker- und Pflanzenbau 154 (1985), S. 45-55.
2. AUERSWALD, K., KAINZ, M. und W. VOGL, Vergleich der Erosionsgefährdung durch Maisfruchtfolgen (C-Faktor). In: Bayer.Landwirtschaftliches Jahrbuch 63 (1986), H. 1, S. 3-8.
3. BUNDESMINISTERIUM DES INNERN, Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung, Stuttgart-Mainz, 1985.
4. DER RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN, Umweltprobleme in der Landwirtschaft, Stuttgart-Mainz, 1985.
5. DIEZ, T., Ökologische Bedeutung der Erosion; in: Beachtung ökologischer Grenzen bei der Landbewirtschaftung. In: Berichte über Landwirtschaft, SH 197, S. 28-34, Hamburg-Berlin, 1981.

6. ESTLER, M., Landtechnische Maßnahmen zur Verminderung der Bodenerosion. In: Landtechnik 40 (1985), H. 2, S. 70-72.
7. FREDE, H.G., Erosionsgefährdung in der Landwirtschaft. In: KTBL-Arbeitspapier 104, Darmstadt, 1986.
8. HABER, W., Ökologische Probleme intensiver und spezialisierter Anbausysteme; in: Agrarstruktur im Wandel. In: Agrarspektrum 7, S. 149-167, Hamburg-Berlin, 1984.
9. HEISSENHUBER, A. und DESING, C., Probleme eines hohen Silomaisanteils in der Fruchtfolge und ökonomische Beurteilung ausgewählter Maßnahmen zur Minderung der negativen Auswirkungen. In: Das wirtschaftseigene Futter 31 (1985), H. 1, S. 45-66.
10. MC CORMACK D.E. und K.K. YOUNG, Technical and Societal Implications of Soil Loss Tolerance. In: Soil Conservation Problems and Prospects. R.P.C. Morgan (Hrsg.) Silsoe, Bedford, UK, S. 365-376, 1981.
11. QUIST, D., Zur Bodenerosion im Zuckerrübenanbau des Kraichgaus. Dissertation, Universität Heidelberg, 1984.
12. RICHTER, G., Schutz vor Bodenerosion - ein wichtiger Bestandteil des Umweltschutzes. In: Geograph.Rundschau 25 (1973), H. 12, S. 377-386.
13. SCHACHTSCHABEL, P., BLUME, H.-P., HARTGE, K.H. und U. SCHWERTMANN, Lehrbuch der Bodenkunde. Scheffer/Schachtschabel, 11. Aufl., Stuttgart, 1982.
14. SCHMIDTLEIN, E.M., Probleme eines hohen Silomaisanteils in der Fruchtfolge und ökonomische Beurteilung ausgewählter Maßnahmen zur Minderung der negativen Auswirkungen. Diplomarbeit, TU München-Weihenstephan, 1986.
15. SCHWERTMANN, U., Grundlagen und Problematik der Bodenerosion. Arbeiten der DLG, Bd. 174 (1982), S. 9-16.
16. SCHWERTMANN, U., VOGL, W. und M. KAINZ, Die Vorausschätzung des Bodenabtrags durch Wasser in Bayern, 2. Auflage, 1987 (im Druck).
17. SCHRÖDER, D., Ertragsminderung durch Bodenerosion in LÖBlandschaften. In: Mitt. Dtsch.Bodenkd1.Ges. 30 (1981), S. 343-354.
18. STEINHAUSER, H., HEISSENHUBER, A. und H. PAHL, 1985, Alternativen bei notwendiger Reduzierung der Silomais-Anbaufläche. In: Landtechnik von morgen, Fachvorträge auf Gut Schlüterhof (1985), S. 13-20.
19. STÖRMER, H., BECHER, H.H. und U. SCHWERTMANN, Ertragsbildung bei Mais auf erodierten Hängen. In: Z. Acker- und Pflanzenbau, 151 (1982), S. 315-321.
20. WISCHMEIER, W.H. und D.D. SMITH, Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. USDA, Agric., Handbook No. 537, 1978.