

Die optimale Intensität des Düngemittleinsatzes in Äthiopien¹⁾

The optimum intensity of fertilizer use in Ethiopia

Von Winfried Manig^{*)}

1. Einflußfaktoren auf die landwirtschaftliche Produktion

Das Ziel der wirtschaftlichen Aktivitäten ist aus volkswirtschaftlicher Sicht die Befriedigung von Bedürfnissen. Dieses versucht die Volkswirtschaft mit einem Minimum an Kosten zu erreichen (ökonomisches Prinzip). Der Einzelbetrieb produziert unter kapitalistischer Produktionsweise Güter mit dem Ziel, den Profit zu maximieren (ökonomisches Prinzip). Beide Ziele, das der volkswirtschaftlichen Kostenminimierung und das der privatwirtschaftlichen Gewinnmaximierung, widersprechen sich jedoch nicht. Durch das Streben, den höchstmöglichen privatwirtschaftlichen Gewinn zu erwirtschaften wird gleichzeitig das volkswirtschaftliche Ziel, die Bedürfnisbefriedigung mit minimalen Kosten zu gewährleisten, erreicht²⁾.

Der nach dem ökonomischen Prinzip wirtschaftende landwirtschaftliche Betrieb unterliegt Einflußfaktoren innerbetrieblicher Natur und solchen, die von außen auf den Betrieb einwirken.

Die innerbetrieblichen Faktoren drängen auf eine Vielgestaltigkeit der Organisation, d. h. auf eine Vielzahl von Produktionszweigen innerhalb des landwirtschaftlichen Betriebes. Die wichtigsten innerbetrieblichen Faktoren sind:

1) Gekürzte Fassung eines im Oktober 1971 in Addis Abeba/Äthiopien gehaltenen Vortrages.

2) (1) $\frac{\text{Kosten}}{\text{Leistungen}} = \min.$; (2) $\frac{\text{Gewinn}}{\text{Kosten}} = \max.$ Da (3) Gewinn = Leistung minus Kosten ist, folgt mit (2), daß $\frac{\text{Gewinn}}{\text{Kosten}} = \frac{\text{Leistung} - \text{Kosten}}{\text{Kosten}} =$ (4) $\frac{\text{Leistung}}{\text{Kosten}}$ ist. Das beweist, daß beide Ziele identisch sind, denn es ist gleichgültig, ob Kosten zu Leistung (1) minimiert, oder Leistung zu Kosten (4) maximiert wird (s. auch Lentze, 4, welcher den Zusammenhang ausführlicher darlegt).

^{*)} Dr. Winfried Manig, Diplomlandwirt, Ing. agr. trop., Projektleiter Ethiopian Agricultural Research Station Baco/Äthiopien.

Anschrift: P. O. Box 3 Baco/Shoa—Äthiopien

- Der Zwang, die Vielfalt des soziologischen Nebeneinanders der Pflanzen durch ein sinnvolles Nacheinander, durch eine Fruchtfolge, zu ersetzen, erfordert den Anbau mehrerer Pflanzen. Die Notwendigkeit, eine bestimmte Fruchtfolge einzuhalten, ist aber klima- und pflanzenabhängig und wird stark durch den technischen Fortschritt beeinflusst.
- Um die verfügbare Arbeitskapazität des Betriebes innerhalb des Jahres auszulasten, sind mehrere Betriebszweige sinnvoll zu koppeln (Arbeitsausgleich).
- Damit die höchste Ausnutzung der Bodenfruchtbarkeit und hier insbesondere die der Nährstoffe gewährleistet ist, müssen Pflanzen mit den unterschiedlichsten Ansprüchen angebaut werden (Düngerenausgleich).
- Um die Versorgung der bäuerlichen Familie mit den notwendigen Nahrungsmitteln und teilweise auch Rohstoffen sicherzustellen, müssen viele Erzeugnisse selbst produziert werden (Selbstversorgung). Dieser Faktor hat insbesondere Bedeutung in Ländern, in denen ein großer Anteil der Bevölkerung auf dem Subsistenzniveau lebt.
- Durch die Naturabhängigkeit der landwirtschaftlichen Erzeugung ist eine Kombination mehrerer Betriebszweige sinnvoll, damit das Produktionsrisiko verteilt wird. Beim Verkauf der Produkte entsteht durch schwankende Preise ein Marktrisiko. Erst eine Vielzahl von Produktionszweigen verteilt diese Risiken (Risikoausgleich).

Die innerbetrieblichen, auf eine Vielgestaltigkeit drängenden Faktoren verlieren mit der volkswirtschaftlichen Entwicklung zunehmend an Bedeutung.

Die Faktoren, welche von außen auf die landwirtschaftliche Produktion einwirken und auf Einseitigkeit der Organisation des Betriebes drängen, sind die Verkehrslage, die natürlichen Produktionsbedingungen (im wesentlichen Klima und Boden), das Wissen und die Fertigkeit der Bauern und die Preis-Kostenverhältnisse.

2. Preis-Kostenverhältnisse

Von den Preis-Kostenverhältnissen bei gegebenem Standort sind es drei Beziehungen, welche entscheidend die Organisation der Betriebe beeinflussen.

- Die Kostenverhältnisse der Produktionsfaktoren (Boden, Kapital, Arbeit) untereinander bestimmen bei gegebener Produktionsrichtung die optimale Kombination dieser Faktoren (Minimalkostenkombination).
- Die Preisverhältnisse der Produkte untereinander determinieren u. a. die Produktionsrichtung des Betriebes.
- Die Preis-Kostenverhältnisse zwischen den landwirtschaftlichen Produkten und den Produktionsfaktoren bestimmen die Intensität.

2.1. *Minimalkostenkombination*

Die Minimalkostenkombination kennzeichnet den Mengeneinsatz der Produktionsfaktoren in der Wirtschaft bei gegebener Produktionsrichtung. Die Verfügbarkeit und die Knappheitsverhältnisse der Faktoren bestimmen u. a. ihren Preis. Unter Berücksichtigung der Produktivität der Faktoren erfolgt der Mengeneinsatz dieser Faktoren, unbeschränkte Verfügbarkeit vorausgesetzt, reziprok ihren Preisverhältnissen. Die Produktion mit minimalen Kosten kann nur dann durchgeführt werden, wenn die obige Kombination gewährleistet ist.

Die Prämisse der unbeschränkten Verfügbarkeit aller Produktionsfaktoren ist jedoch meistens nicht gegeben. In diesem Fall müssen die unbeschränkt zur Verfügung stehenden Faktoren im größeren Umfang eingesetzt werden, damit der höchste Gewinn, bezogen auf den knappsten und teuersten Faktor, erzielt wird. Bei gegebener Produktionsrichtung ist dieses möglich, da sich die Produktionsfaktoren technisch in bestimmten Raten substituieren lassen. Damit wird zwar das Minimalkostenprinzip nicht aufgehoben, es wird aber durch das Gewinnmaximierungsprinzip, unter dem der Privatbetrieb wirtschaftet, überdeckt. Das Gewinnmaximum ist erreicht, wenn die Grenzleistungen der variablen Faktoren gleich ihren Grenzkosten sind.

2.2. *Produktionsrichtung*

Die optimale Produktionsrichtung oder der Umfang der einzelnen Produktionszweige untereinander an der Gesamtproduktion ist einmal abhängig von den technischen Möglichkeiten der Produktion und zum anderen von den Preisverhältnissen der Produkte untereinander. Die Produktionszweige konkurrieren um die knappen Produktionsfaktoren.

2.3. *Optimale Intensität*

Wie oben bereits dargelegt, muß bei den im beschränkten Umfang zur Verfügung stehenden Produktionsmitteln der Gewinn, bezogen auf diese Faktoren, maximiert werden (Die praktischen Auswirkungen für die Organisation der Betriebe in Entwicklungsländern siehe bei *Lentze*, 4). Dies ist durch den vermehrten Einsatz der variablen Faktoren bei gegebener Produktionsrichtung technisch möglich (die Produktionsfaktoren lassen sich im bestimmten Umfang gegenseitig ersetzen) und wirtschaftlich notwendig.

Der Einsatz von Düngemitteln in der Landwirtschaft entspricht den oben angegebenen Bedingungen. Wie aus dem bereits Dargestellten zu ersehen ist, sind die Preis-Kostenverhältnisse nur für solche landwirtschaftlichen Betriebe relevant, die dem Markt verbunden sind und am Güter- und Leistungsaustausch der Volkswirtschaft teilnehmen.

In Äthiopien wirtschaftet jedoch der überwiegende Teil der Landwirte auf dem Subsistenzniveau mit äußerst geringer Produktivität. Etwa 90 v. H. aller Erwerbstätigen sind in der Landwirtschaft beschäftigt. Im Jahre 1969 erzeugte die Landwirtschaft aber nur reichlich 53 v. H. des Bruttoinlandproduktes. Die geringe Produktivität und der unzureichende Produktionsumfang der Landwirte erfordern bedeutende Importe von Nahrungsmitteln nicht nur für größere Städte, sondern teilweise auch für rein landwirtschaftliche Gebiete. Der wichtigste Grund der unzureichenden Produktivität dürfte im wesentlichen in der Grundbesitzverfassung und den Pachtssystemen zu suchen sein. Bei großen regionalen Unterschieden in Äthiopien sind z. B. im Raume Baco (260 km westlich von Addis Abeba) ca. 20 v. H. der landwirtschaftlichen Betriebe Eigentum der Bauern. Der Rest sind Pachtbetriebe bzw. Mischformen. Als Pachtsystem herrscht, wieder mit Unterschieden in den einzelnen Landesteilen, die Teilpacht mit Pachtraten bis zu 50 v. H., teilweise auch höher, des Ertrages vor. Im Baco-Gebiet sind z. B. 55 v. H. der Pachtbetriebe im Teilbausystem gepachtet, ca. 20 v. H. davon mit einer Pachtrate von 50 v. H. des Ertrages. Bei durchschnittlichen Betriebsgrößen von 1,5 bis 2,0 ha und geringer Intensität ist das Produktionsvolumen dieser Betriebe äußerst gering und zum überwiegenden Teil auf die Befriedigung der eigenen Bedürfnisse gerichtet (W. Manig, 5).

Mit der Einbeziehung dieser Subsistenzlandwirte durch bi- und multilaterale Entwicklungsprogramme in den Wirtschaftskreislauf werden die ökonomischen Beziehungen auch für diese Landwirte relevant. Um den landwirtschaftlichen Produktionsumfang zu erhöhen, damit u. a. eine Eigenversorgung mit den wichtigsten Nahrungsmitteln gewährleistet ist, werden insbesondere Mineraldüngemittel und verbessertes Saatgut in Verbindung mit besseren Anbaumethoden zunehmend in die Landwirtschaft eingeführt. Die durch die verbesserten landwirtschaftlichen Methoden, insbesondere durch Düngemiteleinsatz erzielten Mehrerträge müssen auf dem Markt verkauft werden, damit die Düngemittel bezahlt werden können. Der Mehrertrag durch den Einsatz von Düngemitteln muß aber beachtlich höher sein als die Kosten. Die oben aufgeworfene Frage, ob die ökonomischen Bedingungen für den Einsatz von Düngemitteln in den bisher auf Subsistenzniveau wirtschaftenden Betrieben Äthiopiens beachtet werden müssen, kann damit positiv beantwortet werden.

3. Produktionsfunktion

Für den Einsatz von Düngemitteln in Äthiopien kann unterstellt werden, daß der Umfang des verfügbaren Landes und teilweise auch der Arbeitskraft beim überwiegenden Teil der landwirtschaftlichen Betriebe kurzfristig limitiert ist. Die Einsatzmenge an Düngemitteln ist je Flächeneinheit soweit zu steigern, daß der Gewinn je Flächeneinheit den höchsten Wert

erreicht (optimale Intensität). Zur Feststellung des optimalen Einsatzumfanges des variablen Faktors Düngemittel bei gegebener Produktionsrichtung ist es notwendig, den Ertragsverlauf bei kontinuierlich steigenden Mengen des variablen Faktors oder, und dies ist das gleiche, den Kostenverlauf bei steigender Produktion zu kennen. Da eine funktionale Beziehung zwischen Düngemittelaufwand und Ertrag besteht,

$$(1) \quad E = f(x_1, x_2 \dots x_p),$$

wobei E = Ertrag, f = Funktion von x_1, x_2 und x = Einsatzmenge der variablen Faktoren 1, 2 bedeuten, ist es möglich, das wirtschaftliche Optimum zu bestimmen. Die Optimumsbestimmung ist von folgenden Faktoren abhängig:

1. Produktionsfunktion in naturalen Einheiten (Ertrags-Aufwandbeziehungen oder Produkt-Faktorbeziehung),
2. naturale Faktorkapazität,
3. Preise der Produkte und Faktoren.

Die Produktionsfunktion (1) kann nur empirisch durch Versuchsanstellung ermittelt werden, wie sie landwirtschaftliche Forschungsstationen durchführen (sofern entsprechend der Fragestellung angelegt bzw. dementprechende Auswertung ermöglichen).

Der Einsatz eines kontinuierlich variablen Faktors (in diesem Fall des Düngemittels), bezogen auf einen konstanten Faktor (Boden), unterliegt im biologischen Bereich dem Gesetz vom abnehmenden Ertragszuwachs. Der Grund des abnehmenden Ertragszuwachses (Grenzertrages) von einem bestimmten Punkt an ist, daß die natürlichen Faktoren, wie z. B. Boden und Klima, nur in Grenzen beeinflußt werden können. Diese Faktoren limitieren von einer bestimmten Grenze, wo sie in das Minimum geraten, die Wirkung des variablen Faktors und der Ertragszuwachs je zusätzliche Einheit wird sukzessive kleiner. Durch Einsetzen von Preisen und Kosten in die Ertragsfunktion ist es möglich, diese Beziehungen sofort wertmäßig darzustellen (Abb. 1). Im Bereich I (O—a) steigt der Gesamtertrag progressiv an und der Grenzertrag nimmt zu. In der Regel findet jedoch die Produktion im Bereich abnehmender Grenzerträge oder degressiv zunehmender Gesamterträge (von Punkt a—b) statt. Das wirtschaftliche Optimum ist dort erreicht, wo der wertmäßige Grenzertrag gleich dem wertmäßigen Grenzaufwand ist, in Abb. 1 im Punkt M. Einer zusätzlichen Aufwands-einheit stünde bei weiterer Produktionsdehnung ein wertmäßig geringerer Mehrertrag gegenüber. Eine geringere Menge des variablen Produktionsfaktors als dem Optimum entspricht, hätte, bezogen auf die Flächeneinheit (konstanter Faktor) einen Gewinnverzicht zur Folge.

Abbildung 1 zeigt den Einsatz nur eines variablen Faktors oder die Aggregation mehrerer Faktoren im wertmäßigen Aufwand. Die Versuchsergebnisse der landwirtschaftlichen Forschungsstation Baco/Äthiopien (2) zeigen jedoch eindeutig, daß durch die Anwendung von Stickstoff- und

Phosphordüngemitteln die Erträge beachtlich zu steigern sind. Der Einsatz von Kali ergibt nur bei sehr hohen Erträgen noch einen geringen Ertragszuwachs. Die Ertragssteigerungen bei Anwendung von zwei variablen Faktoren (N und P_2O_5) sind in Abb. 2 an einem Beispiel für Mais dargestellt. Nach den Ergebnissen der landwirtschaftlichen Forschungsstation Baco/Äthiopien erzielen sowohl die Steigerung der Stickstoff- als auch der Phosphormengen für sich einen Zuwachs des Ertrages. Jedoch nur die Kombination beider Nährstoffe läßt einen hohen Ertragszuwachs erwarten, wie die Darstellung der Produktionsoberfläche in Abb. 2 zeigt. Auch höhere Düngemittelgaben ergeben bis zu einer gewissen Grenze noch einen Ertragszuwachs, aus der Abbildung läßt sich jedoch schon nach oberflächlicher Betrachtung ersehen, daß es nicht sinnvoll sein kann, die höchsten Düngermengen zu verabreichen. Anhand mathematischer Ableitungen läßt sich die optimale Nährstoffkombination und die optimale Intensität ermitteln.

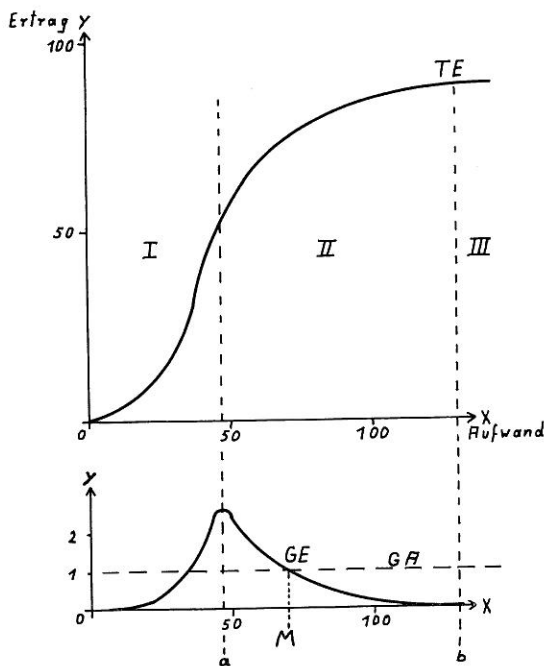


Abb. 1. Darstellung des Ertragsgesetzes (Schema).

Zur Lösung von Produktionsfunktionen mit einer oder mehreren unabhängigen Variablen sind einfache bzw. multiple Regressionsanalysen erforderlich. Folgende einfache Funktionen können u. a. verwendet werden, die bei mehreren Faktoren entsprechend zu erweitern sind:

- Mitscherlich- bzw. Spillman-Funktion: (2) $Y = m - ar^D$,
wobei Y = Ertrag, M = Maximalertrag, a = Differenz zwischen Höchst-
ertrag und Ertrag ohne Düngung, r = Konstante (Wirkungsfaktor) und
 D = Düngermenge bedeuten.
- Quadratische Funktion: (3) $Y = a + bX - cX^2$
- Quadratwurzelfunktion: (4) $Y = a + b\sqrt{X} - cX$
- Cobb-Douglas-Funktion: (5) $Y = aX^b$
- Lineare Funktion: (6) $Y = a + bX$,
in halb- oder doppellogarithmischer Abwandlung.

Es bedeuten: Y = Ertrag, a , b und c = Regressionskoeffizienten und
 X = Aufwand an Düngemitteln.

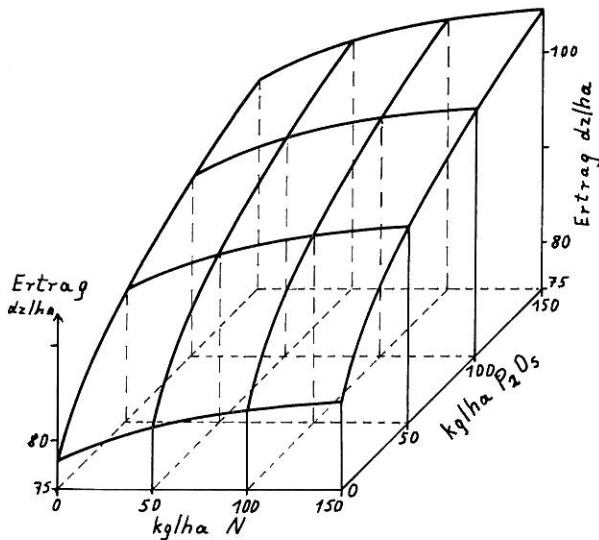


Abb. 2. Maisertrag bei N-P-Düngung in Baco/Äthiopien
(Produktionsoberfläche).

Die Funktionen (2) und (6) in logarithmischer Abwandlung sind nur im begrenzten Bereich abnehmender Grenzerträge anzuwenden. Außerdem sind keine negativen Grenzerträge zu errechnen. Wie die Ausführungen jedoch andeuten, ist gerade im Bereich abnehmender Grenzerträge der wirtschaftlich relevante Bereich erfasst. In den folgenden Beispielen wurde die Funktion (6) in halb- oder doppellogarithmischer Abwandlung verwendet.

Die optimale Intensität ist erreicht, wenn die Bedingung der Gleichung (7) erfüllt ist:

$$(7) \quad \frac{P_d}{P_p} = \frac{d_p}{d_d},$$

wobei P_d = Preis des Düngemittels, P_p = Produktionspreis, d_p = Grenzertrag und d_d = Grenzaufwand bedeuten. Das Verhältnis $\frac{d_p}{d_d}$ ist die erste Ableitung der Produktionsfunktion.

4. Kostenfunktion

Zur Erleichterung der Interpretation wird die in Werteinheiten ausgedrückte Ertragsfunktion häufig in eine Kostenfunktion (Abb. 3) umgewandelt. Die Kostenfunktion stellt generell das gleiche wie die in Werteinheiten ausgedrückte Ertragsfunktion dar, da sie nur ein Spiegelbild auf

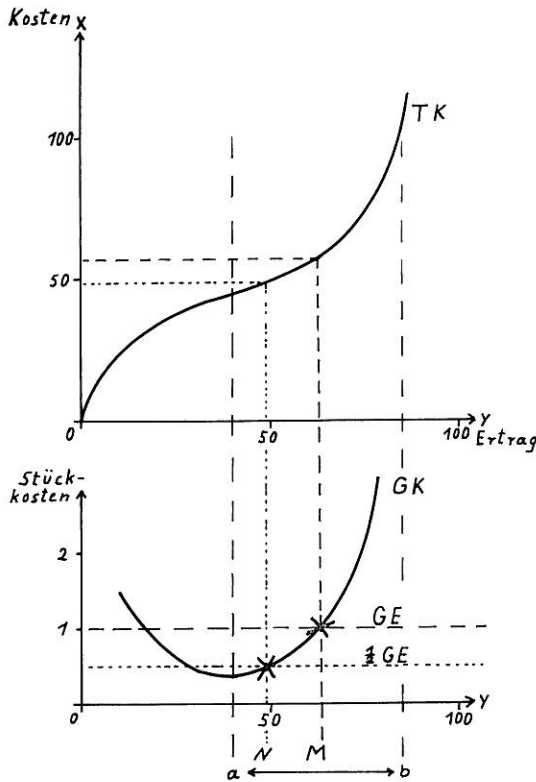


Abb. 3. Darstellung des Kostengesetzes (nur variable Kosten) — Schema —.

der 45°-Achse ist. In wirtschaftswissenschaftlichen Büchern wird meistens die Kostenfunktion zur Interpretation herangezogen.

In dieser Darstellung wird nicht nach dem Verlauf des Ertrages bei Veränderung des Aufwandes, sondern nach dem Verlauf der Kosten bei gleichmäßig steigenden Leistungen gefragt. Die Voraussetzung der Analyse ist jedoch die Ertragsfunktion. Die Produktion findet gewöhnlich im Bereich steigender Grenzkosten (oder abnehmender Grenzerträge) zwischen den Punkten a bis b statt (Abb. 3). Der optimale Aufwand wird dort erreicht, wo die Grenzkostenkurve die Preisgerade (wertmäßiger Grenzertrag) schneidet, d. h. im Punkt M in der Darstellung der Abb. 3. Diese Preisgerade, d. h. der Preis von einem Kilogramm des Erzeugnisses kann leicht entsprechend den Gegebenheiten variiert werden, ohne die Kostenkurve neu zu berechnen. Deshalb lassen die oft starken jährlichen Preisfluktuationen für viele Produkte in den Entwicklungsländern dieser Darstellung den Vorzug geben. Ebenso kann die Kostenfunktion ohne Neuberechnung auf die oben erwähnten Teilbaupachtsysteme in Äthiopien übertragen werden. Ein Pächter, der 50 v. H. seines Ertrages als Pachtrate an den Verpächter abführen muß, hat oft auch 50 v. H. des durch Düngemiteleinsatz erzielten Mehrertrages an den Verpächter zu zahlen. Ist dies der Fall, bekommt der Pächter nur die Hälfte des Mehrertrages zum gegenwärtigen Marktpreis oder i. a. W. den gesamten Mehrertrag zum halben Preis. Die Intensitätsgrenze ist entsprechend niedriger in Punkt N in Abb. 3.

5. Die optimale Düngungsintensität, dargestellt an ausgewählten Beispielen

Die langjährigen Versuchsergebnisse der landwirtschaftlichen Versuchstation Baco/Äthiopien (2) zeigen eindeutig die Tendenz, daß die Düngung der Kulturen mit Phosphordüngemitteln bei den meisten Pflanzen einen wesentlich höheren Ertragszuwachs ergibt als eine Stickstoffdüngung (siehe auch Abb. 2). Auch ist der partielle Korrelationskoeffizient, welcher das Maß des Einflusses der einzelnen Nährstoffe auf den Ertrag angibt, bei Phosphor in der Regel beachtlich höher. Aus diesem Grunde und wegen der enormen Rechenvereinfachung sind die Ergebnisse der folgenden Beispiele mit einer einfachen Regressionsrechnung ermittelt worden. In der Regel wurde eine Stickstoffdüngung in unterschiedlicher Höhe bei den einzelnen Kulturen gegeben und die Phosphordüngemittelmenge sukzessive gesteigert.

Von den Versuchsergebnissen werden keine Abschläge vorgenommen, obwohl die Höhe der Erträge unter Versuchsbedingungen bei der Produktion in größerem Umfange nur in Ausnahmefällen wird erreicht werden können. In der Kalkulation kommt es nur auf die Ertragszunahme durch Düngung an, nicht jedoch auf das absolute Niveau der Erträge. Die Ertragszunahmen können aber bei Anwendung von Düngemitteln unter Produktionsbedingungen durchaus höher sein als im Versuch.

5.1. Mais

Im Gebiet der landwirtschaftlichen Versuchsstation Baco nimmt der Maisanbau der Bauern als Selbstversorgungs-, aber auch als Verkaufsfrucht, einen großen Umfang ein. Die Mineraldüngung findet durch den Beratungsdienst zunehmend Eingang in die bäuerliche Landwirtschaft. In Verbindung mit verbesserten Kultivierungsmethoden und ertragreichen Sorten können die Erträge enorm gesteigert werden (2; 1971/72). Bei einem durchschnittlichen Maispreis je Doppelzentner von Eth. \$ 10,00 *) errechnet sich bei einer Grunddüngung von 50 kg/ha Stickstoff eine Aufwandsgrenze von 107 kg/ha Phosphor oder ein Gesamtaufwand für Mineraldünger von Eth. \$ 110,00 je Hektar. Eine Erhöhung des Maispreises um 20 v. H. von Eth. \$ 10,00 auf Eth. \$ 12,00/ha läßt nur eine Aufwandssteigerung von reichlich 9 v. H. zu. Die Aufwandsgrenze für Pächter, welche die Hälfte

Tabelle 1. Optimale Aufwendungen für Mineraldünger in Äthiopien
— nach Versuchsergebnissen von 1971 —

Fruchtart	Verkaufspreis Eth. \$ je dz	Optimale Aufwendungen ³⁾			
		Landbesitzer		Teilpächter	
		Pächter mit Festpacht	bei Ertragsteilung 50 : 50		
		in Eth. \$ je ha	in Nährstoffen kg/ha	in Eth. \$ je ha	in Nährstoffen kg/ha
Mais ¹⁾	12,00	120,00	50 N / 133 P	69,00	50 N / 49 P
	10,00	110,00	50 N / 107 P	56,00	50 N / 30 P
	8,00	91,00	50 N / 80 P	—	—
Sorghum ¹⁾	18,00	72,00	103 P	32,00	46 P
	15,00	52,00	74 P	26,00	37 P
	12,00	42,00	60 P	21,00	30 P
Roter Pfeffer ¹⁾	50,00	88,00	63 N / 63 P	30,00	21 N / 21 P
	60,00	105,00	75 N / 75 P	40,00	28 N / 28 P

- 1) Die Intensitätsgrenze war etwas geringer nach den Versuchsergebnissen von 1970.
- 2) Nach den Versuchsergebnissen von 1970 waren die optimalen Aufwendungen höher.
- 3) Preis je Düngemittelteinheit Eth. \$ 0,70.

*) Umrechnungskurs: 1 Eth. \$ = DM 1,42

des Ertrages und damit gewöhnlich auch des durch Düngemittelanwendung erzielten Mehrertrages als Pachtzins an den Verpächter abführen müssen, liegt wesentlich niedriger bei etwa Eth. \$ 56,00 je Hektar, Tabelle 1.

Wie die Ergebnisse der Ernteschätzung bei gedüngtem und ungedüngtem Mais von den Feldern der Bauern zeigen (2), kann auf bisher ungedüngten Flächen durchaus auch ein höherer Ertragszuwachs nach Anwendung von Düngemitteln bei Mais erzielt werden.

5.2. Sorghum

Das Düngungsoptimum wird beim Anbau von Sorghum wesentlich früher als beim Mais erreicht. Die Versuche in mehreren Jahren gaben keinen oder nur einen geringen Ertragszuwachs bei der Stickstoffdüngung. Dagegen hatte die Anwendung von Phosphordüngemitteln einen Mehrertrag zur Folge. Die jährlichen Unterschiede im Ertragszuwachs waren aber ganz beachtlich.

Bei einem mittleren Preis von Eth. \$ 15,00 je 100 kg war das Optimum nach den Versuchsergebnissen des Jahres 1971 bereits bei einem Düngemittelaufwand von 74 kg/ha P_2O_5 oder einem Geldaufwand von Eth. \$ 52,00 erreicht (Tabelle 1). In früheren Jahren war die Aufwandsgrenze noch niedriger.

5.3. Roter Pfeffer (*Capsicum frutescens* ssp.)

In Äthiopien gehört der Rote Pfeffer zu den Hauptgewürzpflanzen und ist in jeder Mahlzeit enthalten. Die Region um die landwirtschaftliche Forschungsstation Baco zählt in Äthiopien zu den Hauptanbaugebieten für Roten Pfeffer. Der Anbau dieser wichtigen Verkaufsfrucht ist sehr arbeitsintensiv und wird gegenwärtig auf mit Stallmist gedüngten Flächen (Pferch) durchgeführt. Da viele Farmer keine Rinder halten, können sie den Roten Pfeffer nicht als Verkaufsfrucht anbauen. Die Anwendung von Düngemitteln kann den Stallung substituieren und versetzt damit die Farmer in die Lage, die Pfeffer-Fläche entsprechend der verfügbaren Arbeitskapazität auszudehnen.

Nach den Versuchsergebnissen des Jahres 1971 errechnet sich eine Aufwandsgrenze für Düngemittel von Eth. \$ 88,00 je Hektar bzw. je reichlich 60 kg/ha N und P_2O_5 bei einem mittleren Preis von Eth. \$ 50,00 je 100 kg Roter Pfeffer (getrocknet). Die Intensitätsgrenze bei Teilpächtern ist dagegen wesentlich früher erreicht (Tabelle 1). Der Ertragszuwachs durch Düngung war allerdings in früheren Jahren wesentlich höher. Die Grenze lag z. B. im Jahre 1970 über der Höchstmenge von 120 kg/ha N und 80 kg/ha P_2O_5 , die im Versuch gegeben wurde. Ein wichtiger Grund der unterschiedlichen Ergebnisse war die Verbesserung der Kultivierungsmethoden im Versuchsjahr 1971, die den Ertrag ohne Düngung stark erhöhten.

6. Schlußfolgerungen

Die Preise für landwirtschaftliche Produkte unterliegen in Äthiopien starken saisonalen und jährlichen Schwankungen, bedingt durch unelastische Nachfrage und ungenügende Lagerungs- und Transportmöglichkeiten (*Manig*, 5). Die Preisfluktuationen sind auf der Ebene der Großhandelseinkaufspreise (*Loco Hof*) wesentlich stärker ausgeprägt als auf der Einzelhandelsstufe.

Die unterschiedliche Preishöhe für Erzeugnisse hat einen großen Einfluß auf die Intensität der Düngemittelanwendung. In den vorstehend dargestellten Beispielen ist deshalb auch mit niedrigen Preisen, die im Mittel mehrerer Jahre teilweise überschritten wurden, gerechnet worden. Damit kann sichergestellt werden, daß die Farmer, folgen sie derartigen Empfehlungen, in ungünstigen Jahren keinen direkten Verlust erwirtschaften.

Die Düngemittelpreise sind in Äthiopien durch die Konkurrenz mehrerer ausländischer Firmen für ein Entwicklungsland im Verhältnis zu den erzielbaren Preisen für landwirtschaftliche Erzeugnisse relativ niedrig. Damit sind von dieser Seite gute Voraussetzungen für eine Anbauintensivierung der bäuerlichen Landwirtschaft gegeben. Auf der anderen Seite werden aber Traktoren und Kraftstoff für landwirtschaftliche Maschinen vom Staat subventioniert bzw. durch Verzicht auf Einfuhrzoll verbilligt. Diese Subventionen kommen aber nur einigen Großfarmen, die anteilmäßig völlig unbedeutend sind, zugute. Sinnvoll wäre sicherlich, wie die vorstehenden Ausführungen verdeutlichen, einen Teil dieser finanziellen Mittel zur Subventionierung von Düngemitteln, zumindest im Anfangsstadium der Entwicklung, zu verwenden. Damit könnte die Produktion teilweise soweit intensiviert werden, daß das Land von der Einfuhr einiger Grundnahrungsmittel unabhängig werden würde. Zum anderen würde diese Verbilligung der Düngemittel auch der bäuerlichen Landwirtschaft zugute kommen und die stark propagierte Anwendung von Düngemitteln in der Einführungsphase fördern. Nach den Versuchsergebnissen bei Mais würde eine Preissenkung der Düngemittel um 10 v. H. die Anwendungsgrenze um etwa 17 v. H. erhöhen.

Die vorstehend errechneten Düngungsoptima sind nur gültig unter den angegebenen Beschränkungen (z. B. Preise). Die Empfehlungen des Beratungsdienstes sollten jedoch niedriger als die Optima sein und eine angemessene Risikospanne enthalten. Damit wird die Gefahr verringert, daß die Bauern, welche sich gerade im Übergang von der Subsistenz- zur Marktwirtschaft befinden, in ungünstigen Jahren einen aktuellen Verlust erleiden. Allerdings werden durch Nichteinhalten des Optimums Einkommenschancen nicht ausgenutzt, ein völlig untergeordnetes Problem im gegenwärtigen Entwicklungsstadium. Die praktischen Empfehlungen für die Anwendung von Mineraldünger sollten in etwa bis 75 v. H. der Aufwandsgrenze gegeben werden.

Bei der erstmaligen Anwendung von Düngemitteln in der bäuerlichen Landwirtschaft hat die praktische Erfahrung der Adaptionsforschung gezeigt, daß eine gewisse Mindestgrenze des Ertragszuwachses überschritten werden muß, damit die Bauern diese Neuerung übernehmen. Bei der Anwendung von Mineraldünger kann angenommen werden, daß diese Grenze etwa bei 25 v. H. Ertragszuwachs liegen muß. Ist der Zuwachs geringer, bestehen Schwierigkeiten in der Übernahme und weiteren Anwendung von Düngemitteln. Wie die praktischen Ergebnisse des Beratungsdienstes der landwirtschaftlichen Forschungsstation Baco zeigen, wurde im ungünstigen Fall noch ein Zuwachs von etwa 50 v. H. bei der Anwendung von Mineraldünger und verbesserten Sorten erreicht. Von dieser Seite bestehen damit keine Hindernisse bei der Einführung von Neuerungen in die bäuerliche Landwirtschaft.

7. Zusammenfassung

Die Versuchsergebnisse der landwirtschaftlichen Forschungsstation Baco/Äthiopien zeigen, daß die Anwendung von Stickstoff- und Phosphordüngemitteln bis zu einer gewissen Grenze ökonomisch sinnvoll ist. Diese Grenze ist anhand einer Grenzwertanalyse für verschiedene Früchte errechnet worden.

Die optimale Intensität des Düngemittleinsatzes wird stark von den Preisen der landwirtschaftlichen Produkte und denen der Düngemittel als auch von dem Pachtssystem beeinflusst. Für Teilpächter ist die Intensitätsgrenze früher erreicht als für Landbesitzer und Pächter mit Festpacht.

Summary

The results of experiments at Ethio-German Agricultural Research Station Baco/Ethiopia show, that the use of nitrogen and phosphorus fertilizer is economical up to a certain doses. The optimum doses were calculated for different crops through marginal input/output analysis. The optimal intensity of fertilizer use depends on the prices of products and fertilizer as well as the type of tenure. For tenants, who have to share the yield, it is more profitable to limit the intensity to a low level.

Literaturverzeichnis

1. BRINKMANN, Th., 1922: Die Ökonomik des Landwirtschaftlichen Betriebes. — In: Grundriß der Sozialökonomik, Abt. VII, Land- und forstwirtschaftliche Produktion, Versicherungswesen. Verlag von J. C. B. Mohr (P. Siebeck), Tübingen, S. 27—124.

2. Ethio-German Agricultural Research Station Baco: Progress Report for the Period April 1969 to March 1970, Progress Report for the Period April 1970 to March 1971, Progress Report for the Period April 1971 to March 1972. Baco/Shoa (Ethiopia).
3. KEHRBERG, E. W. und REISCH, E., 1969: Wirtschaftslehre der landwirtschaftlichen Produktion. 2. überarb. Aufl., BLV, München, Basel, Wien.
4. LENTZE, W., 1969: Gedanken zur Produktionsfaktorenkombination in Entwicklungsländern. — *Der Tropenlandwirt*, 70, 149—156.
5. MANIG, W., 1972: Formen der Landbewirtschaftung im Baco-Gebiet. — Ethio-German Agricultural Research Station Baco. Baco/Shoa (Äthiopien), vielfältigstes Manuskript.
6. MEIMBERG, P., 1966: Landwirtschaftliches Rechnungswesen. Stuttgart.
7. RUTHENBERG, H. H., Die Bestimmung der optimalen Aufwandshöhe und Aufwandszusammensetzung bei der Mineraldüngung. — „Berichte über Landwirtschaft“, Verlag Parly, Hamburg und Berlin, N. F., Bd. XXXVI (1958), S. 69 ff.
8. WEBER, E., 1967: Grundriß der biologischen Statistik. 6. neubearb. Aufl., Stuttgart.