

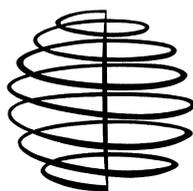
Mineraldünger für Ernährungssicherung in Entwicklungsländern

Johannes Kotschi

Marburg

Juni 2010

AGRECOL



Inhaltsverzeichnis

0.	Zusammenfassung	3
1.	Einleitung	7
2.	Rolle kleinbäuerlicher Landwirtschaft für die Ernährungssicherung	8
3.	Mineraldünger – Produktion und Verbrauch	13
4.	Wirtschaftlichkeit	15
5.	Subventionen	18
6.	Ökologische Wirkungen	21
7.	Mineraldünger im Kontext nachhaltiger Intensivierung	24
8.	Schlussfolgerungen	26
ANHANG:	Literaturnachweis	29

0. Zusammenfassung

Seit langem wird darüber debattiert, ob die Verwendung von Mineraldünger maßgeblich gefördert werden soll, um die Ernährungssicherung zu verbessern, oder ob gerade dieses Betriebsmittel langfristig wirksame Ernährungssicherung verhindert. Die vorliegende Studie will dazu beitragen, die Diskussion fachlich zu unterstützen und den Stellenwert des Mineraldüngers für die Ernährungssicherung in Entwicklungsländern klarer herauszuarbeiten. Sie stützt sich auf umfangreiche Literaturrecherche, fasst den gegenwärtigen Wissensstand zusammen und zieht Schlussfolgerungen für den zukünftigen Umgang mit Mineraldünger in der Entwicklungszusammenarbeit.

Begründungszusammenhang

Drei Aspekte sind grundlegend für die Behandlung des Themas. Erstens: Ernährungssicherung kann heute nicht mehr isoliert betrachtet werden. Landwirtschaft kann sich weniger denn je auf die Produktion von Nahrung, Energie oder Rohstoffen beschränken, sondern sollte auch zahlreiche Umweltaufgaben wahrnehmen, wie Klimaschutz, Erhaltung der Biodiversität und Bewahrung von Kulturlandschaften und ihrer Ökosystemleistungen (Wasser, Luft, Erholungsraum etc.). Auch bei der vorliegenden Untersuchung zur Rolle des Mineraldüngers kann dies nicht ausgeklammert werden.

Zweitens: bisherige Intensivierungsstrategien lassen sich nicht extrapolieren. Auf hochintensiv bewirtschafteten Gunststandorten ist kaum noch Produktivitätszuwachs zu erzielen, auf mittleren und marginalen, überwiegend kleinbäuerlich bewirtschafteten Böden sind sie wenig erfolgreich. Deshalb ist ein Strategiewechsel notwendig, der eine effizientere und nachhaltigere Nutzung von Ressourcen gestattet. Dies gilt auch für die Verwendung von Mineraldünger.

Drittens: die kleinbäuerliche Landwirtschaft sollte in den Fokus von Ernährungssicherungsstrategien gestellt werden. 2,5 Milliarden Menschen, das sind etwa 40% der Weltbevölkerung, leben unmittelbar von der Landwirtschaft, der größte Teil von ihnen in Familienbetrieben oft mit hohem Anteil an Subsistenzproduktion. Für diese Bevölkerungsgruppe ist die Ernährungssicherung besonders prekär (80% der weltweit Hungernden leben im ländlichen Raum). Gleichzeitig belegen sie landwirtschaftliche Nutzflächen (geschätzter globaler Anteil mindestens 40%) mit erheblichem Steigerungspotential. Das heißt: Notwendigkeit und Potential verbesserter Ernährungssicherung fallen räumlich zusammen.

Nährstoffzufuhr in der Landwirtschaft ist unverzichtbar

Fruchtbare Böden bilden die Voraussetzung für gute Erträge in der Landwirtschaft, und der Nährstoff-Haushalt des Bodens ist zentraler Bestandteil von Bodenfruchtbarkeit. Nährstoffe werden in Form von mineralischen und organischen Düngern dem Boden gegeben um Nährstoffverluste auszugleichen und Erträge zu steigern. Bei sehr extensiver Nutzung hat der Boden die Möglichkeit durch Nachlieferung aus dem Unterboden sowie durch Einträge aus der Atmosphäre diese Verluste zumindest teilweise auszugleichen. Auch lange Brache-

perioden haben in der Vergangenheit diese Regeneration geleistet. Mit zunehmender Intensivierung müssen Nährstoffe von außen zugeführt werden. Das gilt ganz besonders für dicht besiedelte, kleinbäuerlich bewirtschaftete Regionen, deren Böden übernutzt und durch jahrzehntelange Nährstoff-Entnahme ausgelaugt sind (*soil mining*). Entscheidend ist dabei, dass die Nährstoffe so eingebracht werden, dass sie im System bleiben und möglichst effizient genutzt werden können.

Mineraldünger – Produktion und Verbrauch

Die systematische Nutzung von Mineraldünger in der Landwirtschaft begann um 1950. Seitdem sind Produktion, Verbrauch und Verbreitung kontinuierlich angestiegen. Dabei zeigen sich große regionale Unterschiede. Der höchste Verbrauch bezogen auf die Fläche liegt in Asien (159 kg/ha+Jahr), gefolgt von Europa und Nordamerika. Dagegen ist der durchschnittliche Verbrauch in Afrika mit 18 kg/ha+Jahr am geringsten. Starke Auswirkungen auf den Verbrauch einzelner Länder hat ihre Anbindung an den Weltmarkt: zum Beispiel in Ruanda mit sehr geringer Anbindung liegt der Verbrauch bei durchschnittlich 3 kg/ha+Jahr, während in Bangladesh etwa 175 kg/ha+Jahr verbraucht werden. Unterhalb dieser aggregierten Betrachtungsweise, im Einzelbetrieb, kommen zahlreiche Faktoren zum Tragen. Je ärmer ein Haushalt ist, je degradiert die Böden sind, je entfernter die Felder vom Hof liegen und die Märkte vom Betrieb, umso weniger Dünger wird verwendet. Verkaufskulturen werden eher gedüngt, als Subsistenzkulturen. Damit ist ein großes Spektrum einzelbetrieblicher Situationen aufgezeigt, bei denen ökonomische Gesichtspunkte die dominierende Rolle spielen.

Wirtschaftlichkeit

Global betrachtet hat sich das Waren-Austauschverhältnis (*Terms of Trade*) von Nahrungsmitteln zu Dünger langfristig verringert. Dieser Trend ist in vielen Entwicklungsländern stärker ausgeprägt als im Weltmaßstab. Diese relative Verteuerung erfordert Effizienzsteigerungen bei der Nutzung des Mineraldüngers, um gleichbleibende Wirtschaftlichkeit zu erhalten. Davon abgesehen ist Mineraldünger in der kleinbäuerlichen Landwirtschaft in Entwicklungsländern mit drei komparativen Nachteilen: aufgrund hoher Transaktionskosten (Transport und Verteilung) ist der Mineraldünger sehr teuer. Zum Beispiel liegt der Einzelhandelspreis für Stickstoff in Sambia um ca. 50% über dem in den USA. Zweitens ist die ertragssteigernde Wirkung des Düngers infolge niedriger Bodenfruchtbarkeit oft sehr gering. Drittens sind die Preise für Agrarprodukte, bedingt durch fehlende Marktanbindung, sehr niedrig. Dies bedeutet zusammengenommen, dass wirtschaftlich optimale Einsatzmengen häufig sehr niedrig sind und sogar gegen Null tendieren können. Dieser Trend, der sich über die Jahrzehnte verstärkt hat, ist in den Entwicklungsländern und ihren Regionen unterschiedlich stark ausgeprägt. Die kleinbäuerliche Landwirtschaft in Afrika ist besonders davon betroffen, in Asien und Lateinamerika stellt sich die Situation kleinbäuerlicher Betriebe differenzierter dar.

Subventionen

Die mangelnde Wirtschaftlichkeit von Mineraldünger in Entwicklungsländern wird seit vielen Jahrzehnten über Subventionen abgemildert. Auf diese Weise konnte die Nahrungsprodukti-

on in den jeweiligen Ländern und auch im Weltmaßstab deutlich erhöht und Ernährungssicherheit verbessert werden - allerdings meist ohne nachhaltige Wirkung.

Mineraldünger-Subventionen sind deshalb ein Instrument der Soforthilfe zu hohen Kosten. Volkswirtschaftlich betrachtet sind sie nur als vorübergehende Maßnahmen mit Nothilfe-Charakter zu rechtfertigen. Kurzfristig können sie temporäre Preissteigerungen bei Dünger abpuffern und Nahrungsproduktion ankurbeln, aber sie sind keine Investition in die Ressource Boden und können sogar gegenteilig wirken. Während andere landwirtschaftliche Förderprogramme wie Forschung, Beratung, Erosionsschutz oder Infrastrukturentwicklung hohe Kapitalverzinsungen erreichen können, ist diese bei Mineraldünger-Subventionen negativ. Dabei steht die Praxis von langjährigen Subventionen im Widerspruch zu ihrem Soforthilfe-Charakter. Subventionsprogramme können, wenn sie einmal beschlossen sind, meist nur gegen großen politischen und gesellschaftlichen Widerstand wieder beendet werden und belasten staatliche Agrarhaushalte oft ganz erheblich. So bleiben Mineraldünger-Subventionen trotz verbesserter Konzepte grundsätzlich umstritten.

Ökologische Wirkungen

Bisher wurden den ökologischen Wirkungen von Mineraldüngern und damit verbunden externe Kosten wenig Beachtung geschenkt. Ein Großteil der Stickstoff- und Phosphat-Dünger wirkt bodenversauernd. Auch der verstärkte Abbau organischer Substanz im Boden durch einseitige Stickstoff-Gaben hat erhebliche Auswirkungen. Nicht zuletzt bilden klimaschädliche Gase aus dem Stickstoff heute den größten Anteil von Emissionen aus der Landwirtschaft.

Mit Blick auf die Ernährungssicherung ist die Bodenversauerung besonders bedrohlich, denn sie hat gravierende Auswirkungen auf die Nährstoffe im Boden, die für Pflanzen verfügbar sind – allen voran Phosphor. Tropische Böden sind davon besonders stark betroffen, da ein Großteil von ihnen aufgrund starker Verwitterung ohnehin stark versauert ist. Maßnahmen der Kalkung sind kaum üblich und meist auch nicht möglich, weil kalkhaltige Dünger nur selten zur Verfügung stehen. Daher beschleunigt die Mineraldüngung in aller Regel die Bodenversauerung, verringert die Bodenproduktivität und reduziert letztlich auch ihre eigene Ertragswirksamkeit. Deshalb ist die alleinige Nutzung von Mineraldünger nicht geeignet, um die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten oder gar zu steigern.

Mineraldünger im Kontext nachhaltiger Intensivierung

Die Intensivierung der kleinbäuerlichen Landwirtschaft zur besseren Ernährungssicherung kann nur bei der Steigerung der Bodenfruchtbarkeit ansetzen. Dafür sind an erster Stelle Maßnahmen organischer Düngung zu nennen und Maßnahmen zum Boden- und Wasserschutz. Die Maßnahmen organischer Düngung umfassen das gesamte Spektrum von Optionen wie Mist, Kompost, Gründüngung, Intensivbrachen und Agroforstwirtschaft, die standortspezifisch entwickelt und angewandt werden müssen (*sustainable land management*). Mit ihnen lässt sich der Humusaufbau im Boden fördern und die bodenbiologische Aktivität steigern. Dadurch wird die Nährstoff-Sorption im Boden erhöht und werden die Nährstoff-

Verluste im Agrarökosystem verringert; außerdem kann zunehmender Bodenversauerung entgegengewirkt werden, wenn auch in sehr begrenztem Ausmaß. Bei den Maßnahmen zum Boden- und Wasserschutz (*soil and water conservation*) geht es nicht nur um Erosionsschutz, sondern vor allem auch um die bessere Nutzung der knappen Ressource Wasser (*water harvesting*).

In diesem Aufbauprozess kann Mineraldünger eine wichtige Rolle spielen, denn biologische Maßnahmen alleine reichen meist nicht aus. Das gilt besonders für die Böden, die bereits sehr ausgelaugt sind, und von einem sehr niedrigen Produktivitätsniveau wieder aufgebaut werden müssen. Deshalb hat die Mineraldüngung in einem umfassenden Konzept der Düngung und Bodenfruchtbarkeitspflege einen wichtigen Platz, aber sie ist komplementär zu den oben genannten Maßnahmen zu betrachten.

Um Mineraldünger zu einem nachhaltigen Betriebsmittel zu machen, weg vom Verbrauchsgut und hin zu einer Investition in Bodenfruchtbarkeit, sollte auch die Wahl der Düngerformen überdacht werden. Physiologisch sauer wirkende Dünger sollten durch neutrale oder basisch wirkende ersetzt oder zumindest ergänzt werden, denn Alternativen sind vorhanden. Dieser Umstieg wird die Kosten für die Tonne Reinnährstoff erhöhen, andererseits ergeben sich durch effizientere Nutzung des Mineraldüngers in einem verbesserten Intensivierungskonzept möglicherweise so große Einsparungen, dass die Veränderungen kostenneutral vorgenommen werden könnten.

Schließlich muss erneut nachgedacht werden in welchem Mengenverhältnis die Makronährstoffe Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium über Mineraldüngung zugeführt werden müssen. Die gegenwärtige relative Überversorgung mit Stickstoff ist nicht nur ökologisch schädlich, sondern auch wirtschaftlich fragwürdig. Wie Bodenuntersuchungen immer wieder bestätigen: Der größte Mangel herrscht nicht beim Stickstoff, sondern in ausreichender Phosphorversorgung, sowie bei der Kalkung gegen Bodenversauerung. Kalium ist an dritter Stelle zu nennen. Synthetischer Stickstoff dagegen wäre durch biologischen Stickstoff substituierbar.

Bei all diesen Überlegungen wird klar: die sachgerechte Anwendung von Mineraldünger im Sinne von Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit erfordert fundiertes Wissen in der landwirtschaftlichen Praxis. Damit stellen sich hohe Anforderungen an die landwirtschaftliche Beratung kleinbäuerlicher Landwirtschaft – ein Bereich der auch in der Entwicklungszusammenarbeit über Jahrzehnte vernachlässigt wurde.

Ohne Mineraldünger ist zukünftige Ernährungssicherung kaum möglich, aber seine Verwendung bedarf einer vollkommenen Neuorientierung.

1. Einleitung

Seit Jahrzehnten wird erbittert darüber gestritten, ob die Bereitstellung und Verwendung von Mineraldünger nicht maßgeblich gefördert werden müsse, um den Hunger in der Welt zu vermindern und Ernährungssicherung herbeizuführen. Innerhalb der Gebergemeinschaft, auf internationalen Foren – allen voran auf den Welternährungstagen der FAO wird diese Debatte mit wiederkehrender Regelmäßigkeit geführt, ohne dass nennenswerte Fortschritte zu erkennen wären.

Die einen sehen in einer stärkeren Versorgung mit Mineraldünger den einzigen Weg um Defizite in der Nahrungsproduktion zu beseitigen, die andern halten gerade dies für kontraproduktiv und argumentieren, Mineraldünger belastet die Umwelt, zerstört die Bodenfruchtbarkeit, wirke nicht nachhaltig, und die eingesetzten Mittel könnten wesentlich rentabler verwendet werden. Diese Diskussion verläuft äußerst polarisiert und trägt rituelle Züge, ohne den tatsächlichen Sachverhalt genauer zu beleuchten.

Mit der Rückkehr der kleinbäuerlichen Landwirtschaft auf die Agenda der Entwicklungszusammenarbeit stellt sich erneut die Frage, wie gerade in diesem Sektor Ernährungssicherung erreicht und Überschüsse erwirtschaftet werden können. Dabei geht es um Standorte, die sich vor allem in den Tropen und Subtropen befinden, und landwirtschaftliche Nutzflächen mit mittlerer und geringer Bodengüte.

Auch mit der Verteuerung und Verknappung von Nahrungsmitteln 2007/2008 und dem Anstieg der weltweit Hungernden auf mittlerweile über eine Milliarde Menschen hat diese Frage neue Aktualität erhalten. Gleichzeitig hat die Landwirtschaft weitere Aufgaben hinzubekommen. Neben der Erzeugung von Industrierohstoffen und Energie ist sie aufgefordert, die Umwelt zu erhalten, den Klimawandel zu mindern, die biologische Vielfalt zu bewahren. Außerdem müssen knappe Wasserressourcen nachhaltig genutzt und Kulturlandschaften mit ihren verschiedenen Ökosystemleistungen (Trinkwasser, saubere Luft, Erholungsraum usw.) geschützt werden. Deshalb kann Ernährungssicherung heute weniger denn je isoliert betrachtet werden, sondern ist Bestandteil einer mehrdimensionalen Zielfunktion von Landwirtschaft, die auch zahlreichen sozialen und Umweltaufgaben gerecht werden muss. Landwirtschaft heute ist somit ein hochkomplexes Unterfangen.

Diese und andere Argumente sprechen dafür, dass nach der klassischen „grünen Revolution“ ein neues Verständnis von Intensivierung in der Landwirtschaft gefunden werden muss. Düngung und Bodenpflege gehören auch weiterhin zu den zentralen Fragestellungen. „Mineraldünger“ umfasst dabei eine Gruppe von Elementen in einer breiten Palette von technischen, wirtschaftlichen und soziokulturellen Optionen. Sowohl im landwirtschaftlichen Betrieb wie im entwicklungspolitischen Diskurs sollten Art und Einsatz von Dünger in diesem Zusammenhang betrachtet werden.

Der Sachstandsbericht möchte dazu beitragen, die Diskussion zu versachlichen, den Stellenwert des Mineraldüngers für die Ernährungssicherung in Entwicklungsländern stärker

herauszuarbeiten und damit Entwicklungspolitikern ebenso wie den Fachkräften in der Entwicklungszusammenarbeit Hilfestellung zu geben.

Die Studie zeigt zunächst den Begründungszusammenhang von kleinbäuerlicher Landwirtschaft, Ernährungssicherung und Mineraldünger auf (Abschnitt 2), gibt dann einen Überblick zur aktuellen Verwendung von Mineraldünger (Abschnitt 3), seiner Wirtschaftlichkeit im kleinbäuerlichen Betrieb (Abschnitt 4) und zur Wirkung von Subventionsprogrammen (Abschnitt 5). In Abschnitt 6 werden dann die biologischen und ökologischen Wirkungen des Mineraldüngers behandelt. Schließlich wird skizziert, wie der Stellenwert des Mineraldüngers in der kleinbäuerlichen Landwirtschaft neu definiert werden kann (Abschnitt 7). Zusammenfassende Schlussfolgerungen runden die Untersuchung ab.

2. Die Rolle kleinbäuerlicher Landwirtschaft für die Ernährungssicherung

Bisherige Intensivierungserfolge

Seit Mitte des letzten Jahrhunderts hat die Landwirtschaft eine nie dagewesene Intensivierung erfahren. Innerhalb von 50 Jahren (1950-2000) konnte sich die globale Getreideproduktion nahezu verdreifachen (Dyson 1999a). Diese grüne Revolution wurde im wesentlichen ermöglicht durch enorme Fortschritte in der Pflanzenzüchtung, durch die großtechnische Produktion von synthetischem Stickstoff zu relativ niedrigen Energiekosten, und drittens durch den systematischen Einsatz von Herbiziden zur Unkrautkontrolle und Pestiziden zur Krankheits- und Schädlingsbekämpfung.

So gelang eine enorme Steigerung der Flächenproduktivität. Dieser Erfolg geht im Wesentlichen auf das Konto fruchtbarer Böden, auf denen unter optimalen Bedingungen (bezüglich Nährstoff- und Wasserversorgung) produziert wird. Weltweit betrifft dies nur einen Teil der landwirtschaftlich nutzbaren Fläche und nur einen kleinen Teil der in der Landwirtschaft tätigen Bevölkerung. 2,5 Milliarden Menschen – das sind etwa 40% der Weltbevölkerung - leben unmittelbar von der Landwirtschaft. Der weitaus größte Teil von Ihnen sind kleine Familienbetriebe mit hohem Anteil an Subsistenzproduktion (Worldbank 2007). Pimbert (2008) schätzt, dass 95% aller landwirtschaftlichen Betriebe weitgehend traditionell wirtschaften. Mineraldünger und andere externe Betriebsmittel kommen dabei nur in sehr geringen Mengen oder gar nicht zum Einsatz. In den 80er Jahren schätzte man ihren Anteil an der globalen landwirtschaftlichen Nutzfläche auf ca. 60% (Francis 1986). Aktuelle Zahlen sind nicht bekannt, vermutlich aber noch deutlich über 40%. Auf jeden Fall trägt diese traditionell geprägte, mit minimalem Betriebskapital ausgestattete Landwirtschaft auch heute erheblich zur Weltnahrungsproduktion bei.

Mit anderen Worten: ein großer Teil der von Landwirtschaft lebenden Menschen hat von den Intensivierungsstrategien der vergangenen Jahrzehnte kaum oder gar nicht profitiert, und das betrifft einen erheblichen Teil der globalen landwirtschaftlichen Nutzfläche. In vielen kleinbäuerlich geprägten Regionen stagniert die Flächenproduktivität auf niedrigem Niveau oder sinkt sogar unter dem Druck steigender Bevölkerungszahlen, und Ernährungssicherung

ist immer mehr zu einem Problem geworden. Dazu passt das zunächst überraschende Ergebnis einer größeren Studie, dass 80% der weltweit Hungernden nicht in den Städten, sondern auf dem Lande leben. Zwei Drittel davon sind Kleinbauern (Task Force on Hunger 2004). Die Gründe dafür sind vielfältig: Menschen haben keinen Zugang zu Land oder Wasser, die Kosten für Dünger, Saatgut und Pestizide sind zu hoch, die Preise für landwirtschaftliche Produkte zu gering, es fehlen Vermarktungsmöglichkeiten, usw.

Zukünftige Ernährungssicherheit – strategische Orientierung

Bis zum Jahr 2050 wird mit einem Anstieg des globalen Nahrungsmittelbedarfs von 70% gerechnet, um die bis dahin um 40% gewachsene Weltbevölkerung zu ernähren (Bruinsma 2009). Diese inzwischen viel zitierte Zahl ist allerdings angreifbar, denn sie basiert auf Modellberechnungen, die den gegenwärtigen Verbrauch fortschreiben. Dazu gehört die weltweite Zunahme des Fleischkonsums, dazu gehören enorme Verluste, wie zum Beispiel die Vernichtung von Nahrungsmitteln in Industrieländern, die einen Anteil von bis zu 40% aufweisen. Auch die Nachernteverluste, die in vielen Entwicklungsländern mit 30% zu Buche schlagen, werden als unveränderbar angenommen. Beim Verbrauch also, der bisher kaum thematisiert wurde, besteht enormes Einsparpotential, so dass die 70% sich erheblich nach unten korrigieren lassen.

Unabhängig davon wäre auch eine Steigerung der Nahrungsproduktion um 70% keine Garantie für Ernährungssicherung. Wenn die Betroffenen weiterhin nicht über die notwendige Kaufkraft verfügen, oder über Ressourcen, um ihre eigene Nahrung zu erzeugen und die Produktionsrisiken ausgleichen zu können. Es geht also gleichermaßen um eine ausreichende Produktion von Nahrungsmitteln und um ihre Verfügbarkeit für diejenigen, die sie benötigen (Weltagrarbericht, IAASTD 2008).

Ernährungssicherung ist also nicht nur globale Ertragssteigerung, sondern Menschen müssen in die Lage versetzt werden, ihre eigene Nahrung zu produzieren, indem die oben genannten Engpässe überwunden werden. Deshalb wird heute auch zunehmend Ernährungssouveränität gefordert (Windfuhr und Jonsén 2005), also das Recht der Menschen auf eine selbstbestimmte, lokale landwirtschaftliche Produktion. Dabei geht es um die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion und die Steigerung des Einkommens aus der Landwirtschaft (Schmidtner und Dabbert 2009). Zur Ernährungssicherung unter Berücksichtigung des Prinzips der Ernährungssouveränität das heißt mit maßgeblicher Beteiligung der kleinbäuerlichen Landwirtschaft gibt es also keine Alternative.

Daran schließt sich nun die Fragen an, welche Technologien für die Intensivierung der kleinbäuerlichen Landwirtschaft die richtigen sind, und welche Rolle der Mineraldünger dabei spielen kann.

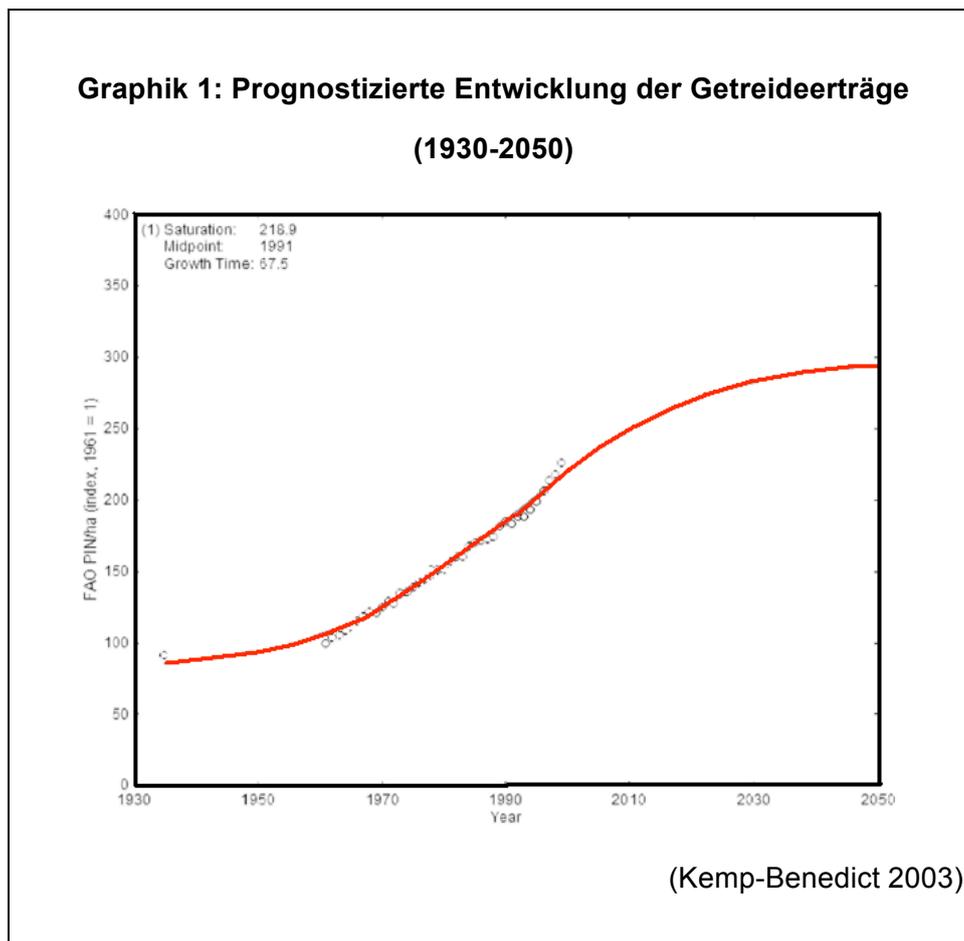
Die einen gehen davon aus, dass mit dem bisherigen Intensivierungsansatz weitere Steigerungen der Flächenproduktivität erreichbar sind (Dyson 1999a, Waggoner et al. 2001) und setzen dabei vor allem auch auf den Mineraldünger. Sie fordern dabei eine höhere Nut-

zungseffizienz der eingesetzten Produktionsmittel, besonders auch in den ökologisch benachteiligten Regionen.

Gegen die Fortsetzung bisheriger Intensivierungsstrategien sprechen zwei gewichtige Argumente: Die Belastbarkeit von Ökosystemen und das Gesetz vom abnehmenden Ertragszuwachs. Die Belastungen von Ökosystemen und der Verlust ihrer Leistungen sind heute vielfach erkennbar. In den Industrieländern ist vor allem die chemieintensive Produktion zu nennen. Die Nitratanreicherungen im Trinkwasser durch synthetischen Stickstoff und das „Umkippen“ überdüngter Gewässer durch den Nährstoffaustrag landwirtschaftlicher Böden sind heute Allgemeinwissen. Weniger bekannt ist, dass Lachgasemissionen aus mineralischem Stickstoff den größten Teil des durch die Landwirtschaft bedingten Treibhauseffektes ausmachen¹ (Bellarby et al. 2008). In vielen Entwicklungsländern sind Bodenerosion, Bodenversalzung und Abnahme der Bodenfruchtbarkeit auf dem Vormarsch. So ist für beide Gruppen - die chemieintensive, industrielle Landwirtschaft, wie auch die produktionsmittel arme, kleinbäuerliche Landwirtschaft - eine Neuorientierung erforderlich.

Das zweite Argument, welches gegen die Fortsetzung bisheriger Intensivierung spricht, ist wirtschaftlicher Natur. Das Gesetz vom abnehmenden Ertragszuwachs zeigt die Grenzen gegenwärtiger Intensivierungsstrategien auf. Es besagt, dass ab einem optimalen Niveau mit jeder weiteren Einheit eines verabreichten Produktionsmittels (Nährstoffe, Pflanzenschutz) der erzielte Mehrertrag geringer wird und das Produktionsrisiko steigt. Diesem Gesetz folgend, ist von einem S-kurvenförmigen Verlauf der bisherigen Intensivierung auszugehen, wie zum Beispiel von Kemp-Benedict (2003) vorgeschlagen (Graphik 1). FAO Statistiken zur Weltnahrungsproduktion bestätigen diesen Trend: der relative Ertragszuwachs von 3-4% im Zeitraum 1950-60 war auf 1% im Jahr 2001 gesunken.

¹ Rodung und Brandrodung nicht eingerechnet.



Daraus lässt sich folgern, dass die bisherige Intensivierungsstrategie für die weitere Steigerung der globalen Nahrungsproduktion an Hohertragsstandorten kaum geeignet ist, denn der noch zu erwartende Ertragszuwachs ist zu gering oder zu teuer.

Andererseits war sie für große Teile der kleinbäuerlichen Landwirtschaft offensichtlich nicht geeignet, denn für die Mehrzahl der Betriebe hat sie nicht gegriffen. Dabei gibt es gerade in der kleinbäuerlichen Landwirtschaft der Entwicklungsländer noch erhebliches Potenzial für Produktionssteigerung, obwohl viele Standorte nur ein mittleres oder sogar niedriges Produktionspotenzial besitzen. Niedrige Erträge, für Getreide 1t/ha oder weniger, könnten durch systematischen Aufbau der Bodenfruchtbarkeit auf 2, 3 oder sogar 4 t/ha angehoben werden. Harris (2001) hält es sogar für möglich, dass über mehrere Jahrzehnte der Ertrag bis auf 6 t/ha angehoben und damit eine verdoppelte Weltbevölkerung mit Leichtigkeit ernährt werden könne. Der Fokus auf die kleinbäuerliche Landwirtschaft trägt auch dazu bei die global notwendige Produktionssteigerung mit lokaler Ernährungssouveränität in Einklang zu bringen.

Wer sind die Kleinbauern?

Hinter dem Begriff „Kleinbauern“ verbirgt sich eine sehr heterogene Gruppe. Das Spektrum reicht von mittelständischen landwirtschaftlichen Betrieben, die voll in die Marktwirtschaft integriert sind – ein Typus, der in vielen asiatischen Ländern stark ausgeprägt ist - bis hin zu Kleinstbetrieben, die überwiegend Selbstversorgung betreiben und zu denen 75% der weltweit Armen gehören (Nagayets 2005). Nagayets schlägt dennoch vor, für diese heterogene Gruppe die Betriebsgröße als gemeinsames Kriterium heranzuziehen und versteht darunter alle Betriebe mit einer Ackerfläche von 2 ha oder weniger, eine Definition die sich weitgehend durchgesetzt hat.

Zur Anzahl von Kleinbauern weltweit und differenziert nach Regionen gibt es keine verlässlichen Angaben. Ihr Anteil an allen landwirtschaftlichen Betrieben weltweit beträgt schätzungsweise 85%. In vielen Entwicklungsländern liegt er über 90%, in Bangladesh und Vietnam sogar bei 96% bzw. 95% (Nagayets 2005).

Diese Angaben werden bestätigt durch Zahlen zur durchschnittlichen Betriebsgröße in Entwicklungsländerregionen (Tabelle 1). Mit nur 1,6 ha weisen Afrika wie Asien sehr niedrige Durchschnittswerte auf. Der hohe Durchschnittswert für Lateinamerika ergibt aus der extrem ungleichen Landverteilung zwischen Großgrundbesitz und Kleinbauern. Er bedeutet nicht, dass die Mehrzahl der Betriebe auf diesem Kontinent deutlich größer ist als in Afrika oder Asien.

Tabelle 1: Durchschnittliche Betriebsgröße nach Regionen (Hektar)

Afrika	1,6
Asien	1,6
Lateinamerika und Karibik	67,0
West-Europa	27,0
Nord Amerika	121,0

Quelle: von Braun 2005

Darüber hinaus lässt sich in Entwicklungsländern seit Jahrzehnten ein Trend zur Verkleinerung bäuerlicher Betriebe beobachten. Während in den Industrieländern die Anzahl der Beschäftigten in der Landwirtschaft immer geringer, die Durchschnittsbetriebe immer größer wird, ist für Entwicklungsländer das Umgekehrte festzustellen. Das Bevölkerungswachstum im ländlichen Raum wird im Wesentlichen von der Landwirtschaft absorbiert, die Betriebe werden unter den Nachkommen aufgeteilt und die Betriebsflächen werden immer kleiner. Zum Beispiel lag die durchschnittliche Betriebsgröße im Kongo (DR) 1970 noch bei 1,5 ha, so betrug sie 1990 nur noch 0,5 ha (Nagayets 2005). Dieser Trend ist in vielen Ländern Afrikas und Asiens zu beobachten. Er wird auch in den nächsten Jahrzehnten anhalten, da nennenswerte Einkommensalternativen zur Landwirtschaft nicht in Sicht sind.

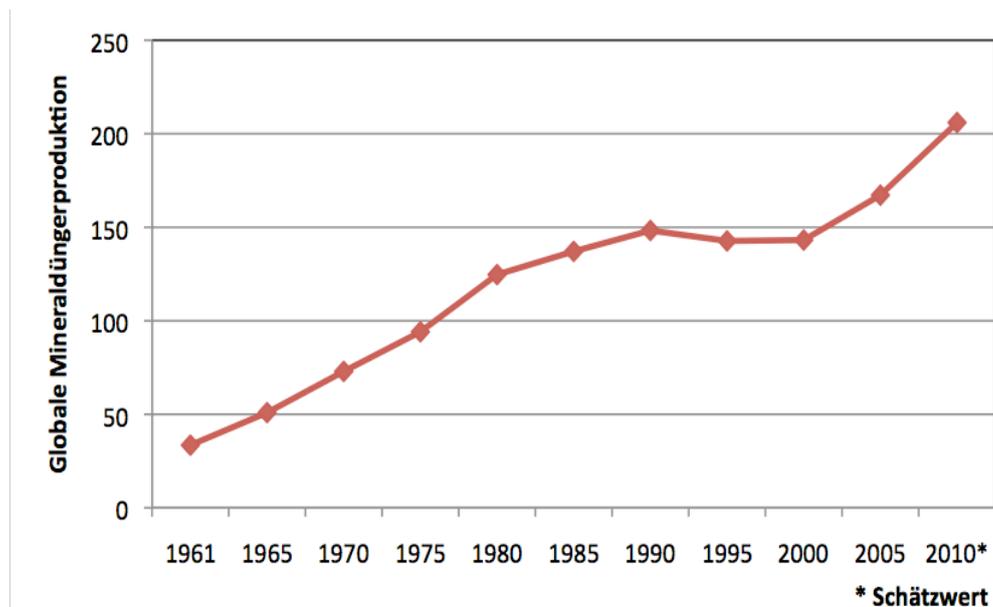
Die Förderungswürdigkeit dieser Kleinstbetriebe wird verschiedentlich infrage gestellt. Aber solange es für die Existenz der Menschen im ländlichen Raum und anderswo keine Alternativen zur Landwirtschaft gibt, muss sie als Existenzgrundlage genutzt und verbessert werden. Die Frage ist also vielmehr, wie dicht besiedelte ländliche Gebiete durch Landwirtschaft tragfähig erhalten werden können. Intensivierungsstrategien müssen diesen Aspekt explizit berücksichtigen.

3. Mineraldünger – Produktion und Verbrauch

Die gezielte Düngung mit Nährelementen geht zurück auf Justus von Liebig, der 1840 die wachstumsfördernde Wirkung von Stickstoff, Phosphor und Kalium nachwies. Stickstoffdünger gewann man darauf zunächst aus Guano, den Exkrementen von Seevögeln („Chile-Salpeter“), der aus Südamerika nach Europa eingeführt wurde. Als einer der ersten Phosphatdünger und ebenfalls im 19. Jahrhundert wurde Thomasmehl als Nebenprodukt der Eisen- und Stahlerzeugung gewonnen. Ein Meilenstein war die Entwicklung des Haber-Bosch Verfahrens Anfang des 20. Jahrhunderts zur synthetischen Gewinnung von Ammoniak aus atmosphärischem Stickstoff.

Die systematische Nutzung von Mineraldünger in der Landwirtschaft begann allerdings erst nach dem 2. Weltkrieg. Seitdem haben Produktion, Verbreitung und Anwendung stetig zugenommen. Heute existieren zahlreiche Düngerformen, Nährstoffkombinationen und Produkte. Das betrifft die Makro-Nährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) sowie zahlreiche Spurenelemente. Graphik 1 zeigt die Entwicklung der Düngerproduktion für die drei Makronährstoffe N, P und K. Während der Zuwachs in den 90er Jahren stagnierte, hat die Produktion in den letzten 10 Jahren wieder stark zugenommen. Nach neuesten Schätzungen liegt die Weltproduktion gegenwärtig bei 206 Millionen Tonnen (IFADATA 2010).

Graphik 1: Globale Mineraldüngerproduktion (Millionen Tonnen N, P₂O₅, K₂O)



Die Produktion von Mineraldünger konzentriert sich zunehmend auf Standorte mit günstigen Produktionsbedingungen. Die äußerst energieintensive Stickstoffproduktion konzentriert sich auf Nordamerika, sowie die großen Schwellenländer China und Indien, darüber hinaus auf Länder mit großen Erdgasvorkommen (Russland, Mittlerer Osten, Karibik, Australien und Indonesien). Die Phosphordünger werden vor allem an Standorten mit Rohphosphat-Vorkommen hergestellt. Entsprechendes gilt auch für Kaliumdünger, die zu 80% in nur 5 Ländern (Kanada, Deutschland, Israel, Russland, Weißrussland) hergestellt werden, die große Kalium-Lagerstätten besitzen. Für die meisten Entwicklungsländer bedeutet dies: Mineraldünger wird im Wesentlichen importiert, benötigt knappe Devisen und ist voll den zyklischen Preisschwankungen des Weltmarktes ausgesetzt. Preisschwankungen in der Vergangenheit waren enorm, und lagen für Phosphor und Stickstoff zeitweilig über 100% (Gregory and Bump 2006).

Beim Mineraldüngerverbrauch entfallen – global betrachtet – ca. 72% auf Stickstoff, sowie 13% und 15% auf Phosphor bzw. Kalium² (FAO 2010). Agrarwissenschaftlicher – allen voran Mitscherlich (Mengel 1968) haben optimale Nährstoffverhältnisse ermittelt. Sie betragen zwischen den Hauptnährstoffen N:P:K = 1:0,44:1,25, so dass sich für Stickstoff ein Anteil von 37% ergäbe. So gesehen kann man von einer relativen Überversorgung von Stickstoff sprechen, das heißt nur ein Teil des Stickstoffs wird in Biomasseproduktion umgesetzt, ein erheblicher Teil geht durch Auswaschung und in Gasform verloren. Andererseits darf nicht vergessen werden, dass synthetischer Stickstoff nur einen Bruchteil des Gesamtstickstoffs ausmacht, der in Pflanze und Boden gebunden wird. Der weitaus größte Teil stammt aus biologischer Stickstoffbindung über Mikroorganismen.

Der Mineraldüngerverbrauch zeigt große regionale Unterschiede. Die Regionen mit dem größten Verbrauch sind (in abnehmender Reihenfolge): Süd-Ost Asien, Süd-Asien, Europa und Nordamerika, dagegen ist der Verbrauch in Afrika besonders niedrig. Noch aussagekräftiger sind Daten zur Düngeintensität. Tabelle 2 gibt die aktuellen durchschnittlichen Düngemengen der Nährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium zusammengefasst nach Kontinenten wieder. Besonders niedrig ist sie in Afrika mit durchschnittlich 18 kg pro Hektar und Jahr, besonders hoch dagegen in Asien.

Tabelle 2: Intensität der Mineraldüngung nach Regionen
(Nährstoffe (kg/ha+Jahr))

Afrika	18
Asien	159
Südamerika	119
Nordamerika	135
Westeuropa	135
Welt	109
Quelle: berechnet nach FAOSTAT; Durchschnitt, Zeitraum 2004-2007	

² Bezogen auf die Reinelemente N, P und K

Tabelle 3: Intensität der Mineraldüngung - Beispiele einzelner Länder (Nährstoffe kg/ha+Jahr)	
Gute Anbindung an Weltmarkt:	
• Kenya	34
• Bangladesch	175
• Nikaragua	27
Schlechte Anbindung an Weltmarkt:	
• Ruanda	3
• Nepal	22
• Bolivien	5
Quelle: berechnet nach FAOSTAT; Durchschnitt Zeitraum 2004-2007	

Interessant ist auch der Vergleich einzelner Länder (Tabelle 3). Dabei wird deutlich, dass Nähe und unmittelbarer Zugang zu Seehäfen entscheidenden Einfluss auf den Verbrauch haben. So hat Bangladesh beispielsweise einen durchschnittlichen Verbrauch von 175 kg pro Hektar und Jahr, während es in Nepal nur 22 sind. Ähnlich groß ist der Unterschied in Afrika im Vergleich der Länder Kenia und Ruanda, oder in Lateinamerika im Vergleich von Nikaragua und Bolivien.

Jenseits dieser aggregierten Betrachtungsweise, im Einzelbetrieb, entscheiden zahlreiche Faktoren darüber, ob und in welchem Umfang Mineraldünger verwendet wird. Einige seien ohne Anspruch auf Vollständigkeit genannt:

- Je ärmer ein Haushalt ist, umso weniger Mineraldünger wird benutzt (Ariga et al. 2008 für Kenia).
- Je degradiert der Boden und damit die unmittelbar ertragssteigernde Wirkung von Mineraldünger, umso weniger wird verabreicht (Ariga et al. 2008).
- Hofferne Felder erhalten weniger Dünger als hofnahe Felder, ebenso nutzen marktferne Betriebe weniger Dünger als marktnahe (Adesina 1996).
- Verkaufskulturen werden eher gedüngt als Subsistenzkulturen.

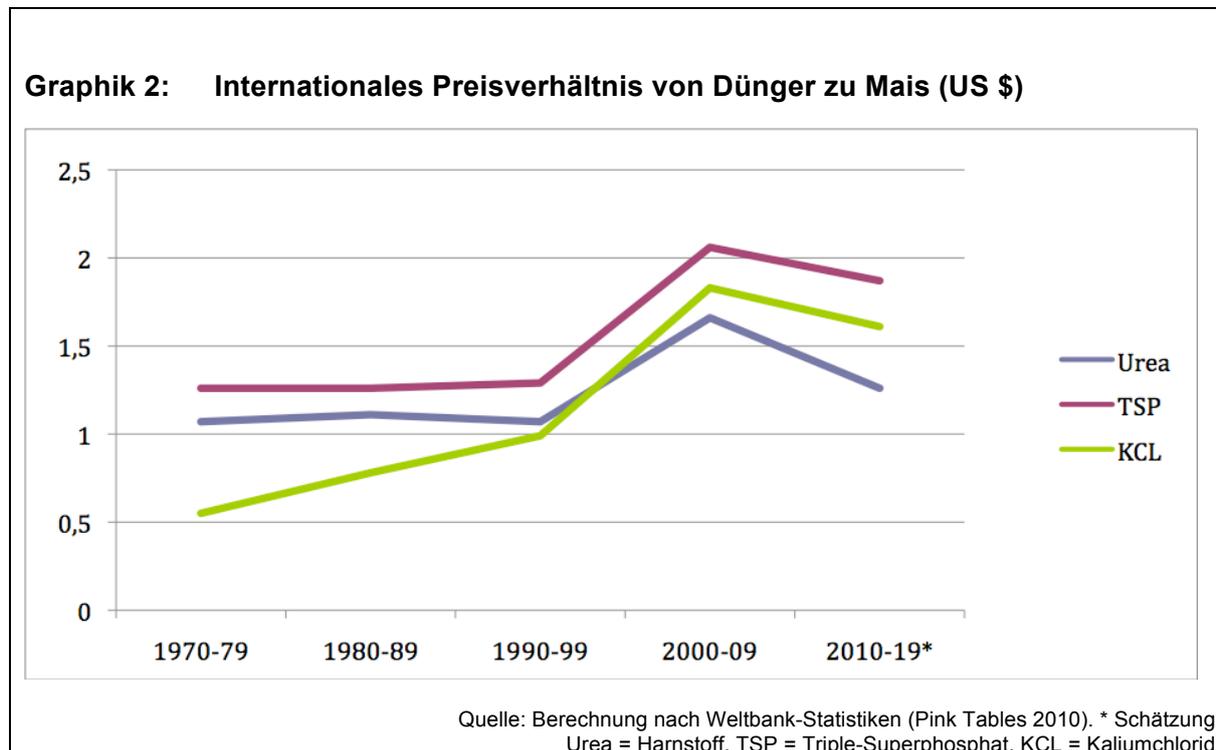
Damit ist ein großes Spektrum einzelbetrieblicher Entscheidungssituationen aufgezeigt.

4. Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit des Produktionsmittels Mineraldünger bemisst sich an seinem Vermögen, Ertrag zu steigern und an seinen Kosten. In vielen Entwicklungsländern ist die Situation für beide Aspekte vergleichsweise ungünstig. Die Mehrträge sind relativ gering, die Kosten an vielen Standorten deutlich erhöht.

In zahlreichen Studien – vor allem für Sub-Sahara Afrika - wird darauf hingewiesen, dass die Bodenproduktivität infolge jahrzehntelanger Degradation sehr gering ist, die durch Mineraldünger erzielbaren Mehrerträge gering ausfallen und die Gewinnschwelle für eine Mineraldüngung (*break even point*) schnell erreicht wird (Adesina, 1996, Marenja and Barret 2007, Townsend 1999, Voortmann et al. 2000, Weight and Kelly 1999). Das bedeutet, Mineraldünger ist, wenn überhaupt, häufig nur in kleinen oder kleinsten Mengen rentabel. Die Gewinn-

schwelle liegt dabei nicht selten unter den offiziellen Beratungsempfehlungen, den Anwendern dagegen ist sie meist bekannt, und so wird in diesen Situationen sehr wenig Mineraldünger gegeben.



Auf der Kosten-Seite ist zunächst festzustellen, dass sich das Austauschverhältnis (*Terms of Trade*) von Agrarprodukten zu Mineraldünger über die Jahrzehnte verschlechtert hat, vor allem in den letzten 20 Jahren. Wie Graphik 2 zeigt, sind die Weltmarktpreise von Mineraldüngern in Relation zum Maispreis deutlich angestiegen. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Dorward and Polton (2008) und Pender (2009).

Diese globale Entwicklung stellt sich in den meisten Entwicklungsländern wesentlich verschärfter dar, denn weitere Faktoren verschlechtern dieses Preisverhältnis. Für den Einzelbetrieb liegen die Kosten für Mineraldünger meist weit über, die Produktpreise dagegen deutlich unter den Weltmarktpreisen (Yanggen et al. 1998, Guo et al. 2008). Außerdem unterliegen sie hoher Fluktuation (Ariga et al. 2009). So gilt: An marktfernen Standorten sind Düngerkosten besonders hoch, während die Preise für Agrarprodukte gegenüber Standorten mit guter Marktanbindung deutlich schlechter ausfallen.

Die vergleichsweise hohen Verbraucherpreise von Mineraldüngern in Entwicklungsländern sind vor allem durch Transport ins Landesinnere und den Einzelhandel in Kleinstmengen bedingt, besonders wenn letzterer noch mit Kredit bis zur Ernte verbunden ist. Standorte mit Hafenerne sind deshalb besonders benachteiligt. So lag der Preis für Harnstoff im Einzelhandel in Lusaka/Sambia, Lilongwe/Malawi oder Abuja/Nigeria um 46% über denen in Städten der USA. In Huambo/Angola erhöhte sich der Hafenerpreis für NPK Dünger allein durch

Import, Transport und Handel im Lande sogar um 150% (Tabelle 4). Für abgelegene Regionen sind weitere Zuschläge zu kalkulieren. Eine wesentlich umfangreichere Studie im Auftrag der *Gates Foundation* (Chemonics & IFDC 2007) kommt zu ähnlichen Ergebnissen. So beträgt der Einzelhandelspreis im Jahr 2006 für Harnstoff in Lilongwe Malawi 496 US\$/t gegenüber einem fob Preis von 191 US\$/t. Dies entspricht ebenfalls einem Preisanstieg um 150%. Sanchez (2002) rechnet für Malawi sogar mit einer Versechsfachung des Preises für Harnstoff, in Relation zum Preis im Hafen von Beira/Mosambique (c.i.f.).

Tabelle 4: Kosten und Preise für Mineraldünger 2003 (US \$ / Tonne)				
	Transportweg im Land	Preis (f.o.b.)	Preis (c.i.f.)	Einzel- Handel
USA (Harnstoff)		135	160	227
Nigeria (Harnstoff)	Lagos – Abuja	135	165	336
Malawi (Harnstoff)	Beira – Lilongwe	145	170	321
Sambia (Harnstoff)	Beira- Lusaka	145	270	333
Angola (NPK)	Luanda - Huambo	226	323	828

Quelle: Gregory and Bump (2005)
f.o.b. = free on board, c.i.f. = cost included freight

Dementsprechend wurden zahlreiche Versuche unternommen die Kosten für Import, Transport und Handel zu reduzieren. So wird empfohlen, den Zugang zu Agrarkrediten zu erleichtern, Marktinformationssysteme einzurichten, die Produktpalette zu vereinfachen, das Händlernetz auszubauen, staatliche Kontrollmechanismen zu verstärken usw. (Gregory and Bump 2005, Kelly 2007). Crawford et al. (2005) schätzen für Ost-Afrika, dass auf diese Weise der Endpreis im Einzelhandel um 11-18% reduziert werden könne. Das ist nicht viel, und ändert am grundsätzlichen Problem überproportionaler Kosten für Mineraldünger in Entwicklungsländern wenig. Vor allem in abgelegenen landwirtschaftlichen Regionen sind die Produktpreise zu niedrig, die Kosten für Dünger zu hoch, und ökonomisch optimale Düngegaben tendieren gegen Null.

Untersuchungen zum Nutzen-Kostenverhältnis belegen den Trend verschlechterter Terms of Trade in Entwicklungsländern. Theoretisch gilt der Mineraldüngereinsatz als profitabel, wenn das Nutzen-Kostenverhältnis größer 1 ist. Nach Angaben von CIMMYT (1988) und Guo et al. (2008) gilt für Getreidebauern in Entwicklungsländern aber, dass dieses Verhältnis größer als 2 sein muss, wenn das Produktionsrisiko und die Kosten für Aufnahme eines Kredites berücksichtigt werden sollen. An Standorten mit erhöhten Produktions- oder Verkaufsrisiken sind nach Morris et al. (2007) sogar mittlere Nutzen-Kostenverhältnisse von 3 oder höher notwendig. Die Realität sieht an vielen Standorten anders aus. Nach Angaben von Meertens (2005) lag das durchschnittliche Nutzen-Kostenverhältnis von Mais zu Stickstoff im Jahr 2000 in Tansania und Sambia bei 1,1 gegenüber Werten von 5,2 bzw. 6,5 im Jahr 1980. Vor

allem in Sub-Sahara Afrika ist die Rentabilität von Mineraldünger rückläufig. So lässt sich festhalten:

- Mineraldünger ist für viele Betriebe in Entwicklungsregionen ein sehr teures und kaum rentables Produktionsmittel. In der kleinbäuerlichen Landwirtschaft wird er - wenn überhaupt - meist nur in sehr geringen Mengen angewendet – entsprechend der geringen Bodenproduktivität ein betriebswirtschaftlich sehr rationales Verhalten.
- Zweitens: im langfristigen Trend hat sich der Mineraldünger überproportional verteuert, wie am Preisverhältnis von Dünger zu Mais dargestellt. Mit der langfristigen Verschlechterung der Preisverhältnisse von Dünger zu Nahrungsmitteln verringert sich bei gleichbleibender Technologie die Wirtschaftlichkeit des Mineraldüngereinsatzes. Dies kann nur durch effizienteren Einsatz von Düngemitteln ausgeglichen werden.
- In Zeiten von Preissteigerungen, wie zum Beispiel während der Nahrungsmittelkrise 2008/2009 stiegen die Düngerpreise in vielen Entwicklungsregionen deutlich stärker als die Preise für Nahrungsmittel. Dementsprechend ist der Düngerverbrauch in Krisenzeiten eher rückläufig als zunehmend. Das gilt besonders für marktferne Regionen.

Erhöhte Wirtschaftlichkeit und damit erhöhter Einsatz von Mineraldünger für die Nahrungproduktion könnte nur bei niedrigeren Preisverhältnissen von Mineraldünger zu Nahrungsmitteln erreicht werden. Bisherige Trends gehen in die umgekehrte Richtung.

5. Subventionen

Um die geringe Wirtschaftlichkeit von Mineraldünger auszugleichen und zu erreichen, dass mehr Produzenten Zugang zu diesem Betriebsmittel erhalten, wird der Mineraldünger in vielen Entwicklungsländern seit vielen Jahrzehnten mit erheblichen Subventionen gefördert. Ziel ist dabei immer wieder, die Nahrungproduktion zu steigern, die nationale Ernährungslage zu verbessern und die Armut im ländlichen Raum zu vermindern. Die Erwartungen im einzelnen sind:

- Betriebe mit geringer Liquidität und Ressourcenausstattung haben oft keinen Zugang zu Agrarkrediten. Durch Subventionen können diese eher Mineraldünger einsetzen, so dass einer größeren Zahl von Betrieben die Nutzung von Mineraldünger ermöglicht wird.
- Andere Betriebe, die bereits Mineraldünger nutzen können größere Mengen einsetzen und so ihre Produktion erweitern (Dalrymple 1975), ihr Einkommen erhöhen und eine stärkere Marktanbindung erreichen (Ellis 1992),
- Allgemein können die höheren Kosten in Entwicklungsländern, die durch Transport und aufwendige Verteilungssysteme anfallen, durch Subventionen ausgeglichen werden.

- In Zeiten starker Preisschwankungen können die Endverbraucher-Preise für Mineraldünger abgepuffert werden (IFDC 2003, Kherallah et al. 2002),
- Bei staatlich niedrig gehaltenen Nahrungsmittelpreisen können Mineraldünger-Subventionen ausgleichend wirken (Ellis 1992).

Als weiteres Ziel wird auch die Wiederherstellung der Bodenfruchtbarkeit genannt (Crawford et al. 2006). So wird erwartet, dass durch Mineraldünger-Subventionen der Humusgehalt im Boden erhalten oder gesteigert, die Bodenerosion dadurch verringert, Entwaldung und Verlust an Biodiversität reduziert und letztlich ein positiver Beitrag zur Minderung des Klimawandels geleistet werden kann (Donovan 2004, Gladwin et al. 2002). Untersuchungen, die derartige Wirkungen schlüssig nachweisen, sind allerdings nicht bekannt.

Aber die Erfahrungen mit Mineraldünger-Subventionen sind keineswegs eindeutig. Positiv ist zu vermerken, dass mit großen Subventionsprogrammen, vor allem im Zeitraum 1970-1990, die Nahrungsproduktion vor allem in Asien erheblich gesteigert werden konnte. Zahlreiche, negative Begleitumstände haben zu einer eher kritischen Beurteilung von Subventionen geführt.

- Subventionsprogramme belasten nationale Agrarbudgets in hohem Ausmaß. So ermittelten Govereh et al. (2006) beispielsweise für Sambia, dass ihr Anteil am Agrarhaushalt in 2005 bei 37% lag.
- Gelder die in Mineraldünger-Subventionen gesteckt werden, sind mit hohen Nutzungskosten verbunden. Eine IFPRI Studie, die die Wirkung verschiedener Investitionen und Subventionen der Landwirtschaft Indiens über vier Jahrzehnte (1960-1999) untersucht hat, kommt zu dem Ergebnis, dass Agrarforschung, landwirtschaftliche Beratung und Infrastrukturentwicklung eine hohe Kapitalverzinsung erbringen, während die Verzinsung von Mineraldünger gering oder wie für die 80er und 90er Jahre mit -12% bzw. -47% deutlich negativ ist (Fan et al. 2007).
- Negativ wirken sich Subventionen auch auf die Entwicklung privatwirtschaftlicher Versorger aus. Zumindest vorübergehend sind die nicht subventionierten Mineraldüngerverkäufe dann rückläufig (Morris et al. 2007).
- Schließlich sind Subventionen schwer zu steuern. So erwies es sich immer wieder als schwierig, die wirklich Bedürftigen, ressourcenärmeren Betriebe zu erreichen. Häufig profitieren vor allem wohlhabendere Betriebe mit höherem Einkommen (Donovan 2004, Kherallah 2002), Zwischenhändler und teilweise auch korrupte Verwaltungen von den Subventionen (Morris et al. 2007).

Deshalb fehlt es auch nicht an Vorschlägen für Alternativen zur Subvention von Mineraldüngerprogrammen, Alternativen, die letztlich zu niedrigeren Düngerpreisen und höheren Preisen für landwirtschaftliche Produkte führen könnten (Kherallah et al. 2002). Dazu gehören:

- Verringerung der Kosten für Import, Transport und Verteilung im Land

- Steuererleichterungen für die Landwirtschaft
- Investitionen in Agrarforschung, Agrarberatung und Ausbildung, mit dem Ziel über bessere Sorten und Anbaumethoden höhere Düngewirkungen zu erzielen;
- Verbesserung von Agrarberatung und Informationsdiensten und Ausbildung von Landwirten, die zu effizienterer Anwendung von Mineraldüngern führen,
- Systematische Bodenuntersuchungen, um zu präziseren Empfehlungen für verschiedene agrar-ökologische Standorte zu gelangen.

Unter dem Stichwort „*smart-subsidies*“ werden in jüngster Zeit große Hoffnungen in verbesserte Konzepte von Subventionsprogrammen gesetzt. Besonders populär ist dabei die Idee „Düngegutscheine“ (*voucher*) an Landwirte zu vergeben, die vor allem ärmeren Bevölkerungsgruppen den Zugang zu Dünger zu ebnen und private Märkte fördern sollen (Poulton et al. 2005). Mit diesen Gutscheinen kann Dünger zu geringeren Kosten erworben, oder in kleinen Mengen (*starter packs*) sogar kostenlos bezogen werden. Als besonders erfolgreich gilt das *smart subsidy* Programm in Malawi, das Mitte der 90er Jahre begann und bis zum Jahr 2006/2007 ein Finanzvolumen von 91 Mio. US \$ erreichte. Damit beanspruchte es 45% des nationalen Budgets für den Sektor Landwirtschaft. Infolge gestiegener Düngerpreise stiegen die Kosten danach auf über 200 Mio. US \$ (Minot and Benson 2009). Mit diesem Programm ist es Malawi offensichtlich gelungen, die kleinbäuerliche Maisproduktion erheblich zu steigern und Ernährungssicherheit zu gewährleisten, und dieser Erfolg hat andere afrikanische Länder wie Ghana, Kenia und Tansania ermutigt, ähnliche Programme aufzulegen. Andererseits ist das Nutzen-Kostenverhältnis mit 0,76 - 1,36, wie dies im Rahmen einer Evaluierung ermittelt wurde, extrem niedrig (SOAS et al. 2008) und es bestätigt die Ergebnisse der IFPRI Studie für Indien.

Trotz verbesserter Konzepte bleiben somit grundsätzliche Probleme ungeklärt: Subventionen dienen dem landwirtschaftlichen Betrieb kurzfristig zur Produktionssteigerung, während investive, langfristige Wirkungen zum Beispiel die Steigerung des Humusgehaltes oder die mittel bis langfristige Verbesserung des Nährstoffpools im Boden kaum nachgewiesen sind. Die vergleichsweise extrem niedrige Verzinsung eingesetzter Mittel bestätigt dies.

Mineraldünger-Subventionen sind deshalb ein Instrument der Soforthilfe zu hohen Kosten. Volkswirtschaftlich betrachtet sind sie nur als vorübergehende Maßnahmen mit Nothilfe-Charakter zu rechtfertigen. Kurzfristig können sie z.B. temporäre Preissteigerungen bei Dünger abpuffern und Nahrungsproduktion ankurbeln, aber sie können nicht als nachhaltige Strategie für Ernährungssicherung herhalten. In der Realität handelt es sich allerdings fast immer um langfristige Programme, die einmal eingerichtet nur mit großen Widerständen beendet werden können und die den Haushalt eines Landes erheblich belasten. So bleiben Mineraldüngersubventionen trotz verbesserter Konzepte grundsätzlich umstritten.

6. Ökologische Wirkungen

Mineraldünger dienen dem Ausgleich von Nährstoffverlusten und darüber hinaus der Steigerung landwirtschaftlicher Erträge. Nährstoffverluste entstehen zwangsläufig durch landwirtschaftliche Produktion, denn ein Teil des Erntegutes (und der darin enthaltenen Nährstoffe) wird dem Feld entnommen und vom Betrieb exportiert. Dies betrifft vor allem die Hauptnährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium.

So sehen beispielsweise Henao und Banaante (2006) im „*soil mining*“, dem systematischen Entzug von Nährstoffen aus dem Boden, die Hauptursache für die Degradation landwirtschaftlicher Flächen in Sub-Sahara Afrika vor allem in den enormen Nährstoffentzügen landwirtschaftlicher Produktion. Sie rechnen mit 30-60 kg und teilweise mehr als 60 kg an Nährstoffen pro Hektar und Jahr, eine Praxis, die über Jahrzehnte angewandt als „*soil mining*“ bezeichnet wird und zu Bodendegradation und abnehmender Bodenproduktivität führt, weil keine Nährstoffe zugeführt werden.

Weitere Nährstoffverluste entstehen durch Bodenerosion, Versickerung von im Bodenwasser gelösten Nährstoffen. Darüber hinaus können erhebliche Mengen an Stickstoff gasförmig in die Atmosphäre entweichen. Schließlich können bei ungünstigen Bodenverhältnissen Nährstoffe im Boden festgelegt werden (Phosphor und Kalium). Dann bleiben sie zwar im Boden erhalten, sind aber kaum pflanzenverfügbar.

Bei extensiver Nutzung hat der Boden die Möglichkeit durch Nachlieferung aus dem Unterboden sowie durch Einträge aus der Atmosphäre diese Verluste zumindest teilweise auszugleichen. Lange Bracheperioden in der Vergangenheit haben diese Regeneration geleistet, und auch der Anbau von Klee gras und Luzerne in der Fruchtfolge gehört zu diesen Maßnahmen.

Mit zunehmend intensiver Produktion müssen zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden, um die Bodenproduktivität zu erhalten. Dabei geht es um Nährstoffzufuhr zum Ausgleich von Ernteentzügen und um die Minimierung anderer Verluste.

Mineraldünger werden mehrheitlich als erste und wichtigste Maßnahme gesehen, um Bodenproduktivität zu erhöhen, Erträge zu steigern und Ernährung zu sichern. Dabei wird häufig übersehen, dass die Mineraldüngung allein an Grenzen stößt und mit erheblichen negativen Nebenwirkungen behaftet ist.

Geringer Wirkungsgrad von Mineraldüngern auf degradierten Böden. Auf degradierten Böden – also bei besonders niedrigerer Bodenfruchtbarkeit – ist die Ertragswirkung von Mineraldünger besonders gering. Das liegt vor allem daran, dass diese eine geringe Ionenaustausch-Kapazität haben, also ihre Fähigkeit, gelöste Nährstoffe im Boden (zum Beispiel aus Mineraldüngung) zu binden und diese dann wieder abzugeben, wenn die Pflanze sie benötigt. Ist dieses Nährstoffbindungsvermögen schwach ausgeprägt, geht ein Großteil der Nährstoffe durch Auswaschung verloren. Dies betrifft vor allem tropische Böden, deren stark verwitterte Tonminerale eine sehr geringe Ionenaustauschkapazität aufweisen. Wenn dies der Fall ist, kann die Nährstoffspeicherung nur über die organische Substanz im Boden aufrecht

erhalten werden (Tabelle 5). Aber in degradierten, ausgelaugten Böden ist die organische Substanz im Boden weitgehend mineralisiert und oft auf ein Minimum abgesunken. Es beträgt dann nur noch ca. 20-25% des Ausgangswertes unter natürlicher Vegetation. So entfällt auch die organische Substanz weitgehend als möglicher Nährstoff-Speicher und Mineraldünger ist der Auswaschung schutzlos ausgesetzt.

Dies ist insofern bedeutsam, da gerade Regionen mit niedriger Bodenfruchtbarkeit klassische Nahrungsdefizitgebiete sind; Mineraldüngung alleine kann hier wenig ausrichten. Ein Großteil der tropischen Böden ist stark verwittert und die Tonminerale (vor allem Kaolinit) haben nur noch eine sehr niedrige Ionenaustauschkapazität, das heißt die Fähigkeit Nährstoffe aus der Bodenlösung zu binden und an diese wieder abzugeben und somit vor Auswaschung zu schützen. Allein die Oxisole machen 22% der landwirtschaftlich nutzbaren Böden in den Tropen aus (Sanchez 1976). In dieser Situation hat der Humusaufbau absolute Priorität.

Tabelle 5: Kationen Austauschkapazität von Böden und ihren Bestandteilen	
Verbreitete Böden	meq / 100 g
• Oxisol (Tropen)	3-7
• Parabraunerde (Mitteleuropa)	20-30
Tonminerale	
• Kaolinit (altes Tonmineral)	3-15
• Montmorillonit (junges Tonmineral)	80-120
Organische Substanz	150-300

Bodenversauerung durch Stickstoff und Phosphor. Ein zweiter Aspekt, der in der Diskussion häufig ausgeblendet wird, betrifft die chemischen Wirkungen von Mineraldüngern in Böden. Ein Teil der Mineraldünger wirkt physiologisch versauernd. Für gut gepufferte Böden, die zudem regelmäßig gekalkt werden, ist das kein Problem. Anders sieht dies für den größten Teil landwirtschaftlicher Böden und ganz besonders der tropischen Böden aus. Für letztere ist die Bodenversauerung aufgrund klimatischer Gegebenheiten ohnehin ein großes Problem. Da die Möglichkeiten einer Kalkung im Allgemeinen sehr gering ist, liegen die pH-Werte in den meisten Fällen unter 5,5 und erreichen nicht selten Werte zwischen 4,2 und 4,5.

In Entwicklungsländern werden überwiegend die Dünger verwendet, die besonders stark versauernd auf den Boden wirken. (Tabelle 6). Für Stickstoff sind dies Harnstoff, Ammoniumnitrat und Ammoniumsulfat, für Phosphor die Di- und Mono-Ammoniumphosphate. Wie in Kapitel 3 bereits erwähnt, nimmt der synthetische Stickstoff unter den Mineraldüngern eine dominierende Rolle ein. Der durchschnittliche Anteil des Stickstoffs am Mineraldünger insgesamt liegt in vielen Entwicklungsländern bei 65-70%. Dabei hat der physiologisch sauer wirkende Harnstoff hat einen Anteil von 67% am Stickstoffdünger insgesamt (Auswertung von IFADATA 2010).

Tabelle 6: Bodenversauerung durch Düngung	
	Säureindex kg CaCO ₃ /kg Dünger
Harnstoff	0,71
Ammoniumsulfat	1,10
Ammoniumnitrat	0,62
Mono-Ammoniumphosph.	0,58
Di-Ammoniumphosphate	0,37
Quelle: Hart (1998) Der Säureindex gibt die Kalkmenge (kg CaCO ₃) an, die notwendig ist um 1 kg physiologisch sauren Mineraldünger zu neutralisieren.	

Bei der Betrachtung unterschiedlicher Regionen und einzelner Betriebe gibt es darüber hinaus eine Abhängigkeit in Bezug auf das betriebliche Einkommen und seinen Investitionsmöglichkeiten: Je ärmer ein Betrieb ist, umso größer ist die Versuchung, wenn überhaupt dann ausschließlich Stickstoffmineraldünger zu nutzen.

Die mineralische Stickstoffdüngung beschleunigt den Prozess der Bodenversauerung mit gravierenden Folgen für die Verfügbarkeit anderer Nährstoffe. Dies betrifft vor allem das Element Phosphor, das als Eisen- und Aluminiumphosphat festgelegt wird und zu verringerter Wirkung von Phosphatdüngern führt. Phosphormangel wird damit zunehmend ertragsbegrenzend. Dabei handelt es sich um den Makronährstoff, für den stark steigende Preise zu erwarten sind. Peak-Phosphor³ ist in ca. 20 Jahren erreicht, und Phosphor ist ein Rohstoff, der anders als das Erdöl nicht substituierbar ist. Insofern stellt sich die Frage effizienter Nährstoffnutzung bei Phosphor mit besonderer Dringlichkeit.

Klimaerwärmung durch Stickstoff. Eine dritte negative Wirkung darf heute in Zeiten des Klimawandels nicht ausgeklammert werden. Die Landwirtschaft gehört zu den Hauptverursachern der Klimaerwärmung. Innerhalb dieses Sektors entfallen nach neueren Schätzungen 47% allein auf Rodung und Brandrodung zur Erschließung landwirtschaftlicher Nutzflächen, ca. 17% auf Lachgas aus Böden (N₂O), das überwiegend aus überschüssigem mineralischen Stickstoff stammt (Bellarby et al. 2007). Das heißt, in der eigentlichen Landwirtschaft (ohne Einbeziehung der Landerschließung) beträgt das Lachgas des Stickstoffs etwa ein Drittel der landwirtschaftlichen Emissionen, die energieintensive Herstellung von Stickstoffdüngern nicht eingerechnet. Mit dem synthetischen Stickstoff entstehen also enorme externe Kosten.

³ Peak Phosphor beschreibt den Zeitpunkt des mengenmäßig größten Abbaus. Danach geht er infolge abnehmender Vorräte wieder zurück.

Zusammengenommen bedeutet dies: Mineraldünger erzeugt erhebliche externe Kosten und verstärkt nicht selten die Degradation von Böden und Bodenfruchtbarkeit.

7. Mineraldünger im Kontext nachhaltiger Intensivierung

Fruchtbare Böden bilden die Voraussetzung für Produktionssteigerung und Intensivierung in der kleinbäuerlichen Landwirtschaft. Da es sich in diesem Sektor um mittlere und marginale Böden handelt, die zudem infolge Übernutzung oft stark degradiert sind, muss die Bodenfruchtbarkeit in aller Regel erst aufgebaut werden. Dies ist insofern eine große Herausforderung, als Betriebe mit geringer Ausstattung an Ressourcen (Land, Wasser, Saatgut, Wissen etc.) dazu befähigt werden müssen mit begrenzt verfügbaren Mitteln in Bodenfruchtbarkeit zu investieren, um so die Produktion zu steigern, Ernährung zu sichern, Vermarktungsüberschüsse zu erhöhen und durch eine Erhöhung der biologischen Vielfalt im Anbausystem das Produktionsrisiko zu verringern.

Dafür ist eine umfassende Intensivierungsstrategie erforderlich, für die an dieser Stelle nur die technische Seite und davon nur der Ausschnitt Boden und Pflanzenernährung behandelt wird. Mineraldünger als ein Baustein unter anderen sollte dabei so genutzt werden, dass seine Ertragswirksamkeit gesteigert und die negativen ökologischen Wirkungen verringert sind. Ökonomisch betrachtet heißt das: die Effizienz und Nachhaltigkeit begrenzter Ressourcen (fossile Energie, Phosphor etc.) ist erhöht, und externe Kosten wie die Gefährdung von Ökosystemfunktionen, die Verringerung biologischer Vielfalt und auch der Beitrag der Landwirtschaft zur Klimaerwärmung werden vermieden.

Bodenumuspflege ist vordringlich. Priorität für diesen Intensivierungsweg haben zunächst alle Maßnahmen, die den Humusgehalt im Boden steigern und zu verstärkten Nährstoff- und Energiekreisläufen führen. Damit sind Technologien angesprochen, die im Englischen unter dem Begriff „*sustainable land management (SLM)*“ zusammengefasst werden. Das Spektrum reicht von der Verwendung tierischer Dünger und Komposte, über Gründüngung und Intensivbrachen bis hin zum Aufbau agroforstlicher Systeme. Ebenso bedeutsam sind Maßnahmen der Boden- und Wasserkonservierung (*soil and water conservation, SCW*), die Bodenerosion verhindern, Niederschlagswasser auffangen (*water harvesting*), Wasserspeicherkapazität des Bodens erhöhen und den Biomasseertrag steigern. SLM und SWC Technologien führen dem Boden organische Substanz zu, schaffen einen Ausgleich zu kontinuierlicher Humusmineralisierung und bieten die Möglichkeit den Humusgehalt im Boden zu erhöhen. Damit wird das Potenzial des Bodens erhöht, Nährstoffe zu absorbieren und pflanzenverfügbar zu halten (s. Tabelle 5) und die Grundlage für weitere Düngung geschaffen. Von besonderer Bedeutung ist die mit dem Humusaufbau einhergehende erhöhte Aktivität von Mikroorganismen im Boden; zum Beispiel durch verstärkte Mykorrhiza Tätigkeit können deutlich höhere Mengen an Phosphor im Boden mobilisiert und von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden.

Einzelne Mineraldünger können in dieser Aufbauphase eine wichtige Rolle spielen. Nicht selten sind degradierte Böden von akutem Phosphatmangel betroffen und stark versauert. Kalk- und Phosphorgaben am besten kombiniert als Thomasphosphat sind dann unverzichtbar.

Schließlich kann durch Zufuhr organischer Substanz nicht nur der Bodenumusgehalt erhöht werden. Ebenso lässt sich die Nährstoffbilanz verbessern und der Bodenversauerung entgegenwirken – wenn auch nur in engen Grenzen. Ein Beispiel mag dies verdeutlichen: Neumann und Pietrowicz (1985) untersuchten die Leistungen agroforstlicher Systeme in Ruanda und wiesen nach, dass lediglich durch den Laubfall der Bäume in den Feldern signifikante Nährelement- und Kalkmengen dem Boden zugeführt werden können.

Tabelle 7: Jährliche Nährstoffzufuhr durch Laubfall von Bäumen im Feld	
Organische Substanz (Laubfall)	4 t/ha
Stickstoff (N)	34,0 kg/ha
Phosphor (P)	0,4 kg/ha
Kalium (K)	16,0 kg/ha
Calcium (Ca)	36,0 kg/ha
Magnesium (Mg)	4,8 kg/ha
Quelle: Neumann und Pietrowicz (1985) Standort: Nyabisindu/Ruanda, 190-250 Bäume / ha älter als 4 Jahre, (Grevillea robusta)	

Allerdings zeigt das Beispiel auch, wie gering die Phosphatgehalte sind, die mobilisiert werden können. Der Aufbau der Bodenfruchtbarkeit über betriebseigene Maßnahmen organischer Düngung hat Grenzen und ohne Nährstoffzufuhr von außen ist eine nennenswerter Bodenfruchtbarkeitsaufbau und ein Intensivierungssprung in der Produktion vielfach nicht erreichbar (Sanchez 1997). Das gilt ganz besonders für Felder, denen die Nährstoffe über Jahrzehnte durch Ernten und Erosion entzogen wurden.

Inzwischen sind die zahlreichen Beispiele zu *SLM* und *SWC* gut dokumentiert und der Nachweis erbracht, dass diese Methoden deutlich ertragssteigernd wirken und betriebswirtschaftlich hochrentabel sein können (Pretty et al. 2006, Pender 2009 etc.).

Stellenwert des Mineraldüngers. Im Rahmen einer derartigen Intensivierungsstrategie muss der Stellenwert des Mineraldüngers neu formuliert werden. Es reicht nicht, anzuerkennen, dass der Humusgehalt im Boden und die organische Düngung die Wirkung des Mineraldüngers erhöhen. Eher gilt heute der Umkehrschluss: Mineraldünger ist als Ergänzung zu sehen und kann je nach Rentabilität und Verfügbarkeit stärker oder geringer eingesetzt werden. Dabei gilt: je höher der Bodenumusgehalt, und seine biologische Aktivität, umso stärker ist die ertragssteigernde Wirkung von Nährstoffen die über Mineraldünger zugeführt werden.

Was tun gegen Bodenversauerung? Gleichzeitig sind Maßnahmen zur Minderung der Bodenversauerung dringend erforderlich. Da Mineraldünger an der Bodenversauerung wesentlich beteiligt sind, dürfen die beiden Aspekte Nährstoffversorgung und Kontrolle der Bodenversauerung nicht mehr isoliert von einander betrachtet werden. Wo immer möglich sollten physiologisch saure Dünger durch neutrale oder basisch wirkende Dünger ersetzt werden.

Für den Stickstoff sind dies Ammonnitrat, Ammonsulfat und Harnstoff, die durch Kalkstickstoff, Kalkammonsalpeter und Kalksalpeter ersetzt werden könnten. Bei Phosphor die Mono- und Di-Ammonium-Phosphate, die durch Thomas-Phosphat, Rhenania-Phosphat und teilweise aufgeschlossene Rohphosphate zu ersetzen wären. Der Verzicht physiologisch saurer Mineraldünger betrifft die Düngerformen mit der weltweit größten Verbreitung und der größten Produktionskapazität. Insofern könnte der Umstieg infolge veränderter Nachfrage nur langfristig zu erreichen sein. Alternative, physiologisch basische, kalkhaltige Dünger, wie Kalkstickstoff und Hyperphosphat, sind vorhanden; ihre Verwendungsmöglichkeit wäre zu prüfen, ebenso die Möglichkeiten systematischer Kalkungen im größeren Maßstab.

Um welche Nährstoffe geht es? Im Sinne einer auf hoher Ressourceneffizienz beruhenden Intensivierungsstrategie sollten schließlich auch die Nährstoffverhältnisse gegenwärtiger Mineraldüngeranwendung hinterfragt werden. Natürlich variieren die Nährstoffansprüche von Bodenarten und Bodentypen und ihrer Bewirtschaftungsform sehr stark und allgemeine Empfehlungen sind kaum möglich. Trotzdem kann für die kleinbäuerliche Landwirtschaft in Entwicklungsländern ein gewisser Trend ausgemacht werden: für Phosphor – dem teuersten der drei Makronährstoffe (N, P, K) - besteht in vielen Böden starker Mangel. Kalimangel ist demgegenüber von sekundärer Bedeutung, und beide sind nicht substituierbar. Anders ist der synthetische Stickstoff zu beurteilen, er kann biologisch über Luftstickstoff bindende Mikroorganismen oder als Mineraldünger zugeführt werden. Unstrittig ist, dass verstärkte Nahrungsproduktion höhere Stickstoffdüngung erfordert. Strittig ist dagegen, ob dies nur über synthetische Mineraldünger möglich ist. Dem halten Badgley et al. (2006) entgegen, dass mit den Methoden biologischer Stickstoffbindung über Leguminosen (Futterpflanzen, Gründüngung, Agroforstwirtschaft) sowie über andere Techniken (Azolla in Reis etc.) mehr als genug organischer Stickstoff erzeugt werden könne, ausreichend um den Einsatz von mineralischem Stickstoffdünger für gegenwärtige und zukünftige Nahrungsproduktion vollkommen zu ersetzen. Diese Maximalforderung wird sich nicht von heute auf morgen umsetzen lassen, aber der Einstieg in die Debatte, wie synthetischer durch biologischen Stickstoff ersetzt werden kann, sollte geführt werden.

8. Schlussfolgerungen

Die Verwendung von Mineraldüngern in der kleinbäuerlichen Landwirtschaft in Entwicklungsländern ist mit drei komparativen Nachteilen konfrontiert: infolge hoher Transaktionskosten ist Mineraldünger sehr teuer, aufgrund niedriger Bodenfruchtbarkeit ist seine ertragssteigernde Wirkung häufig gering, und wegen fehlender Marktanbindung sind die Preise für Agrarprodukte häufig niedrig. Dies bedeutet zusammengenommen, dass wirtschaftlich optimale Einsatzmengen häufig sehr niedrig sind und sogar gegen Null tendieren können. Dieser Trend, der sich über die Jahrzehnte verstärkt hat, ist in den Entwicklungsländern und ihren Regionen unterschiedlich stark ausgeprägt. Die kleinbäuerliche Landwirtschaft in Afrika ist besonders davon betroffen, in Asien und Lateinamerika stellt sich die Situation kleinbäuerlicher Betriebe differenzierter dar.

Dieses Problem mangelnder Wirtschaftlichkeit wird seit vielen Jahrzehnten über Subventionen für Mineraldünger abgemildert. Auf diese Weise konnte die Nahrungsproduktion in den jeweiligen Ländern und auch im Weltmaßstab erhöht und Ernährungssicherheit verbessert werden - allerdings ohne nachhaltige Wirkung. Mineraldünger sind so, wie sie eingesetzt werden, ein Verbrauchsgut, wirken eher kurzfristig und stellen keine Investition in die Ressource Boden dar und können sogar das Gegenteil bewirken. Während andere landwirtschaftliche Förderprogramme wie Forschung, Beratung, Erosionsschutz oder Infrastrukturentwicklung hohe interne Verzinsungen erreichen können, ist diese bei Mineraldünger subventionen negativ. Verbesserte Konzepte, wie zum Beispiel der Ansatz „*smart subsidies*“ erhöhen zwar die Effizienz eingesetzter Mittel, können aber keine grundsätzliche Änderung herbeiführen.

Ein bisher weniger beachteter Aspekt sind negative ökologischen Wirkungen von Mineraldüngern und die damit verbundenen externen Kosten. Der Großteil der N-, P- und K-Dünger wirkt bodenversauernd, der Abbau organischer Substanz im Boden wird durch einseitige Stickstoffdüngung häufig verstärkt, und klimaschädliche Gase aus dem Stickstoff bilden heute den größten Posten von Emissionen aus der Landwirtschaft.

Mit Blick auf die Ernährungssicherung ist die Bodenversauerung besonders bedrohlich, denn sie hat gravierende Auswirkungen auf die Verfügbarkeit von Nährstoffen für Pflanzen aus dem Boden – allen voran Phosphor. Tropische Böden sind davon besonders stark betroffen, da ein Großteil von ihnen aufgrund starker Verwitterung ohnehin stark versauert ist. Da Maßnahmen der Kalkung kaum üblich und meist auch nicht möglich sind, weil kalkhaltige Dünger nur selten zur Verfügung stehen, beschleunigt die Mineraldüngung in aller Regel die Bodenversauerung, verringert die Bodenproduktivität und letztlich auch ihre eigene Wirksamkeit auf den Ertrag. Deshalb ist die alleinige Nutzung von Mineraldünger nicht geeignet, um die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten oder gar zu steigern.

Die Intensivierung der kleinbäuerlichen Landwirtschaft und bessere Ernährungssicherung kann nur bei der Steigerung der Bodenfruchtbarkeit ansetzen. Dafür sind an erster Stelle Maßnahmen organischer Düngung zu nennen (wie zum Beispiel Mist, Kompost, Gründüngung, Intensivbrachen und Agroforstwirtschaft), die den Humusaufbau im Boden fördern und die bodenbiologische Aktivität steigern (sustainable land management). Durch Steigerung der organischen Substanz im Boden wird nicht nur die Nährstoffsorption im System erhöht und der Nährstoffverlust verringert, sondern auch zunehmender Bodenversauerung entgegen gewirkt, wenn auch mit sehr bescheidenen Mitteln. Ebenso wichtig sind Maßnahmen zum Schutz vor Bodenerosion und zum Erhalt der Wasserressourcen (*soil and water conservation*)

In diesem Aufbauprozess kann Mineraldünger eine wichtige Rolle spielen, denn biologische Maßnahmen alleine reichen nicht immer aus. Das gilt besonders für die Böden, die bereits sehr ausgelaugt sind, und von einem sehr niedrigen Produktivitätsniveau wieder aufgebaut

werden müssen. Deshalb hat die Mineraldüngung in einem umfassenden Konzept der Düngung und Bodenfruchtbarkeitspflege einen wichtigen Platz, aber sie ist komplementär zu den übrigen Maßnahmen zu betrachten.

Um Mineraldünger zu einem nachhaltigen Betriebsmittel zu machen, weg vom Verbrauchsgut und hin zu einer Investition in Bodenfruchtbarkeit, sollte die Wahl der Düngerformen überdacht werden. Physiologisch sauer wirkende Dünger sollten durch neutrale oder basisch wirkende ersetzt werden. Alternativen sind vorhanden. Dieser Umstieg wird die Kosten für die Tonne Reinnährstoff erhöhen, andererseits ergeben sich durch effizientere Nutzung des Mineraldüngers in einem verbesserten Intensivierungskonzept Einsparungen, sodass die Veränderungen wahrscheinlich kostenneutral vorgenommen werden könnten.

Schließlich muss erneut nachgedacht werden in welchen Mengenverhältnisse die Makronährstoffe Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium über Mineraldüngung zugeführt werden müssen. Die gegenwärtige relative Überversorgung mit Stickstoff ist nicht nur ökologisch schädlich, sondern auch wirtschaftlich fragwürdig. Der größte Mangel besteht in ausreichender Phosphorversorgung, sowie bei der Kalkung gegen Bodenversauerung. Kalium ist an dritter Stelle zu nennen. Synthetischer Stickstoff dagegen ist durch biologischen Stickstoff substituierbar.

Ohne Mineraldünger ist zukünftige Ernährungssicherung kaum möglich, aber seine Verwendung bedarf einer vollkommenen Neuorientierung.

Anhang: Literaturnachweis

Adesina, AA. 1996. "Factors affecting the adoption of fertilizers by rice farmers in Cote d'Ivoire," *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 46: 29-39.

Ariga, J, TS Jayne, B Kibara and JK Nyoro. 2008. Trends and Patterns in Fertilizer Use by Small Farmers in Kenya 1997-2007. Paper presented at Egerton Tegemoe Institute Agricultural Policy Conference. September 2008. Nairobi, Kenya.

Badgley, CJ, E Quintero, E Zakem, MJ Chappell, K Avilés-Vázquez, A Samulon and I Perfecto. 2006. Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems*: 22(2); 86-108.

Bellarby, J, B Foerid, A Hastings, P Smith. 2007. Cool farming: climate impacts of agriculture and mitigation potential. Greenpeace International, The Netherlands.
<http://www.greenpeace.org/international/press/reports/cool-farming-full-report>

Bruinsma, J. 2009. The resource outlook to 2050: By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? Paper presented at the FAO Expert Meeting, 24-26 June 2009, Rome on „How to feed the World in 2050. Economic and Social Development Department. FAO. Rome.

Chemonics and IFDC. 2007. Fertilizer Supply and Costs in Africa.

CIMMYT. 1988. *From Agronomic Data to Farmer Recommendations: An Economics Training Manual*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Mexico City.

Crawford EW, TS Jayne and VA Kelly. 2006. Alternative Approaches to Promoting Fertilizer Use in Africa. Agriculture and Rural Development Discussion Paper 22. The World Bank. Washington DC.

Dalrymple, DG. 1975. "Evaluating Fertilizer Subsidies in Developing Countries." Mimeo. Office of Policy Development and Analysis, Bureau for Program and Policy Coordination, U.S. Agency for International Development, Washington, DC, July.

Deutsche Bank Research. 2009. The Global Food Equation. Food Security in an environment of increasing scarcity. Trend Research. Current Issues.

Dorward, A, E Chirwa, D Boughton, E Crawford, T Jayne, R Slater, V Kelly and M Tsoka. 2008. Towards "smart" subsidies in agriculture? Lessons from a recent experience in Malawi. *Natural Resource Perspectives* 116:1-6.

Dorward, A and C Poulton. 2008. The global fertiliser crisis and Africa. Future Agricultures Briefing, June. www.futureagricultures.org.

Donovan, G. 2004. "Fertilizer Subsidies in Sub-Saharan Africa: A Policy Note." Draft. World Bank, Washington, DC.

Dyson, T. (1999a): World food trends and prospects to 2025. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. Vol. 96. 5929-2936.

Dyson, T. 1999. Prospects for feeding the world. *British Medical Journal*. 319(7215): 988-991.

Easterling, WE, PK Aggarwal, P Batima, KM Brander, L Erda, SM Howden, A Kirilenko, J Morton, JF Soussana, J Schmidhuber, and FN Tubiello. 2007. Food, fibre and forest products. In: *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the IPCC*. ML. Parry, OF. Canziani, JP. Palutikof, PJ. van der Linden, and CE Hanson (eds.). Cambridge: Cambridge University Press.

Ellis, F. 1992. *Agricultural Policies in Developing Countries*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Fan, S, A Gulati, and S Thorat. 2007. Investment, Subsidies, and Pro-Poor Growth in Rural India. IFPRI Discussion Paper No. 716. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute.

FAO (2010): FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
<http://faostat.fao.org/>

Francis, CA. 1986. *Multiple Cropping Systems*. New York: Macmillan 383 pp.

Gregory DI and BL. Bump. 2005. Factors Affecting Supply of Fertilizer in Sub-Saharan Africa. Agriculture and Rural Development. Discussion Paper 24. The World Bank. Washington D.C.

- Gladwin, C. 1992. "Gendered Impacts of Fertilizer Subsidy Removal Programs in Malawi and Cameroon." *Agricultural Economics* 7: 141–153.
- Govere, J, TS. Jayne, M Isimwa, and D Daka. 2006. *Agricultural Trends in Zambia's Smallholder Sector: 1990-2005*. Working Paper 19. Lusaka: Food Security Research Project.
- Harris, JM. 2001. Agriculture in a Global Perspective," Global Development and Environment Institute Working Paper No. 01-04, February 2001. Available from http://ase.tufts.edu/gdae/publications/working_papers/agric4.workingpaper.pdf
- Hart, J. 1998. Fertilizer and Lime Materials. Oregon State University Extension Service. <http://extension.oregonstate.edu/catalog/pdf/fg/fg52-e.pdf>
- Henao J and C Banaante. 2006. Agricultural Production and Soil Nutrient Mining. Implication for Resource Conservation and Policy Development. IFDC. Muscle Shoals, Alabama.
- IAASTD. 2008. International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development. <http://www.agassessment.org>
- IFADATA. 2010. Fertilizer Consumption Statistics. International Fertilizer Industry Association. <http://www.fertilizer.org/ifa/ifadata/search>
- IFDC. 2003. "Input Subsidies and Agricultural Development: Issues and Options for Developing and Transitional Economies." Paper Series P-29. Muscle Shoals, AL: International Fertilizer Development Center (IFDC).
- Jayne T. (2008): Food Policy Challenges in Eastern and Southern Africa in Light of the Current World Food Price Situation. Agricultural Policy Conference. Nairobi, Kenya. September 18, 2008. Egerton University-Tegemeo Institute.
- Jayne TS, N Mason, R Myers, J Ferris, D Mather, M Beaver, N Lenski, A Chapoto, and D Boughton. 2010. Patterns and trends in food staples markets in Eastern and Southern Africa: toward the identification of priority investments and strategies for developing markets and promoting smallholder productivity growth. MSU International Development Working Paper 104. Michigan State University.
- Kaboré, D, and C Reij. 2004. "The Emergence and Spreading of Improved Traditional Soil and Water Conservation Practices in Burkina Faso." EPTD Discussion Paper 14. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Kelly, VA. 2007. Factors Affecting Demand for Fertilizer in Sub-Saharan Africa. Agriculture and Rural Development Discussion Paper 23. The World Bank. Washington D.C.
- Kemp-Benedict, E. 2003: The Future of Crop Yields and Cropped Area. Case Study No 1. IPAT a scripting language for sustainability scenarios. <http://www.altavista.com/web/results?itag=ody&q=kemp-benedict+yield&kgs=0&kls=0>
- Kherallah, M, C Delgado, E Gabre-Madhin, N Minot, and M Johnson. 2002. *Reforming Agricultural Markets in Africa*. Baltimore, MD: IFPRI/Johns Hopkins University Press.
- Lipton. 2005. The family farm in a globalized world: The role of crop science in alleviating poverty. 2020 Vision for Food, Agriculture and the Environment Initiative Discussion Paper No. 40. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute.
- Marenja, PP, and CB Barrett. 2007. "State-conditional fertilizer yield response on western Kenya farm," Working Paper, Department of Applied Economics and Management, Cornell University, Ithaca, New York.
- Meertens, B. 2005. A realistic view on increasing fertiliser use in sub-Saharan Africa. Paper presented on the Internet, December. www.meertensconsult.nl (select Debates).
- Mengel, K. 1968. Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Jena.
- Minot N and T Benson. 2009. Fertilizer Subsidies in Africa. Are Vouchers the answer? International Food Policy Research Institute. Issue Brief 60. July 2009.
- Morris, M, V Kelly, RJ Kopick and D Byerlee. 2007. Fertilizer Use in African Agriculture. Lessons Learned and Good Practice Guidelines. World Bank

http://books.google.de/books?id=2DfqcjJ_8VwC&printsec=frontcover&source=gbs_v2_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Nagayets, O. 2005. Small farms: Current Status and Key Trends. Information Brief. Prepared for the Future of Small Farms Research Workshop. Wye College, June 26-29, 2005.

Narayanan, S and A Gulati. 2002. Globalization and the smallholders: A review of issues, approaches, and implications. Markets and Structural Studies Division Discussion Paper No. 50. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute.

Neumann, I und P Pietrowicz. 1985. Agroforstwirtschaft in Nyabisindu. Untersuchungen zur Integration von Bäumen und Hecken in die Landwirtschaft. PAP. Etudes et Experiences No. 9. Zitiert in: Kotschi et al. (1991), Standortgerechte Landwirtschaft in Ruanda. Zehn Jahre Forschung und Entwicklung in Nyabisindu. GTZ Schriftenreihe 223. Eschborn.

Pender, J. 2009 Food Crisis and Land. The world food crisis, land degradation and sustainable management: linkages, opportunities and constraints. TERRAFRICA/GTZ.

Pender, J, E Nkonya, and M Rosegrant. 2004. "Soil Fertility and Fertilizer Subsidies in Sub Saharan Africa: Issues and Recommendations." PowerPoint presentation. IFPRI, Washington, DC.

Pimbert, M. 2008. Towards Food Sovereignty. IIED.

Poulton C, J Kydd, A Dorward. 2006. Increasing Fertilizer Use in Africa: What Have We Learned? Agriculture and Rural Development. Discussion Paper 25. The World Bank. Washington D.C.

Pretty, JN, AD Noble, D Bossio, J Dixon, RE. Hine, FWT. Penning de Vries, and JIL. Morison. 2006. Resource conserving agriculture increases yields in developing countries. Environmental Science and Technology 40(4): 1114–1119.

Sanchez, PA. 2002. Soil Fertility and Hunger in Africa. Science Vol. 295. 2019-2020.

Sánchez, P, AM. Izac, R Buresh, K Shepherd, M Soule, U Mokwunye, C Palm, P Woome, and C Nderitu. 1997. "Soil Fertility Replenishment in Africa as an Investment in Natural Resource Capital." In Replenishing Soil Fertility in Africa, eds. R. J. Buresh, P. A. Sánchez and F. Calhoun. Madison, WI: Soil Science Society of America.

Sanchez, PA. 1976. Properties and management of soils in the tropics. Wiley. New York.

Sanders, J, B Shapiro, and S Ramaswamy. 1996. The Economics of Agricultural Technology in Semi-arid Sub-Saharan Africa. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Schmidtnr, E und S Dabbert (2009): Nachhaltige Landwirtschaft und Ökologischer Landbau im Bericht des Weltagrarrates (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development, IAASTD 2008). Institut für landw. Betriebslehre, Universität Hohenheim. Stuttgart.

SOAS, Wadonda, MSU, ODI (2008): Evaluation of the 2006/7 Agricultural Input Subsidy Programme, Malawi. Final Report. School of Oriental African Studies, Wadonda Consult, Michigan State University and Overseas Development Institute. <http://www.future-agricultures.org/pdf%20files/MalawiAISPFinalReport31March.pdf>

Task Force on Hunger (2004): Halving hunger by 2015: A framework for action. Interim Report, Millennium Project. United Nations, New York.

Townsend, RF. 1999. "Agricultural Incentives in Sub-Saharan Africa: Policy Challenges." World Bank Technical Paper No. 444. Washington, DC: World Bank.

von Braun, J. 2005. Small scale farmers in a liberalized trade environment. In Small-scale farmers in liberalised trade environment, T. Huvio, J. Kola, and T. Lundström, eds. Proceedings of the seminar, October 18–19, 2004, Haikko, Finland. Department of Economics and Management Publications No. 38. Agricultural Policy. Helsinki: University of Helsinki. <<http://honeybee.helsinki.fi/mmtal/abs/Pub38.pdf>> Accessed June 2005.

Voortman, R, B Sonneveld, and M Keyzer. 2000. "African Land Ecology: Opportunities and Constraints for Development." Center for International Development Working Paper No. 37. Boston: Harvard University.

Waggoner, PE. and J Ausubel. 2001. How Much Will Feeding More and Wealthier People Encroach on Forests?" *Pop. Dev. Rev.* 27(2):239-257, June 2001. Available from http://phe.rockefeller.edu/encroach/encroach_waggonerausubel.pdf.

Weight, D and V Kelly. 1999. "Fertilizer Impacts on Soils and Crops of Sub-Saharan Africa." MSU International Development Paper No. 21. East Lansing, MI: Michigan State University.

Windfuhr, M and J Jonsén (2005) Food sovereignty: towards democracy in localized food system. FIAN. ITDG Publishing - working paper. 64pp.

World Bank. 2003. Reaching the rural poor: A renewed strategy for rural development. Washington, D.C.

World Bank. 2007. Agriculture for Development. World Development Report 2008. The World Bank. Washington DC.

Yanggen, D, V Kelly, T Reardon, and A Naseem. 1998. Incentives for fertilizer use in sub-Saharan Africa: a review of empirical evidence on fertilizer response and profitability. MSU International Development Working Paper No. 70, Department of Agricultural Economics, Michigan State University, East Lansing, MI.