

Universität Hohenheim  
Institut für Agrar- und Sozialökonomie  
in den Tropen und Subtropen  
Prof. Dr. F. Heidhues

## Diplomarbeit

Möglichkeiten der Erosionsbekämpfung durch  
unterschiedliche Anbauverfahren und ihre  
ökonomischen Wirkungen auf die Organisation und  
Einkommenssituation von landwirtschaftlichen  
Betrieben in Paraná, Brasilien

vorgelegt von

Bettina Bach  
Melonenstr. 43  
7000 Stuttgart 75

Diese Arbeit wurde gefördert aus Mitteln der  
Vater und Sohn Eiselen-Stiftung, Ulm

Hohenheim, Mai 1993

## 9. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Bodenerosion im Bundesstaat Paraná/Brasilien stellt ein Problem dar, das die langfristige Erhaltung der landwirtschaftlichen Produktionsgrundlage Boden erheblich gefährdet. Der Bodenabtrag durch Wasser verursacht dabei nicht nur Schäden auf den landwirtschaftlichen Betrieben selbst (on-farm Effekte), sondern führt auch zu erheblichen Beeinträchtigungen durch Sedimentation der verfrachteten Bodenmengen auf Straßen und in Flüssen (off-farm Effekte). Dadurch entstehen für den Bundesstaat Paraná erhebliche volkswirtschaftliche Kosten.

Dabei ist das hohe Ausmaß der Erosionsschäden in Paraná nicht nur auf geogene Faktoren, wie Bodentypen und Niederschlagsverhältnisse, sondern auch auf anthropogene Einflüsse wie Entwaldung im Rahmen der landwirtschaftlichen Erschließung des Bundesstaates zurückzuführen. Die Einführung von mechanisierten Produktionsverfahren im Anbau von Soja, Bohnen, Baumwolle, Mais und anderen Getreidearten Anfang der 70er Jahre bewirkte einen Strukturwandel in der Landwirtschaft, in dessen Verlauf sich der mechanisierte Anbau in den landwirtschaftlichen Betrieben durchsetzte und in weiten Teilen Paraná zum dominierenden Element der landwirtschaftlichen Produktion wurde. Im Zuge der Mechanisierung wendeten die Landwirte aus den gemäßigten Breiten bekannte Anbautechniken an, bei denen die Bodenbearbeitung in der Regel mit wendenden Geräten wie dem Scheibepflug oder der schweren Scheibenegge erfolgte. Diese Art der Bodenbearbeitung ist für die tropischen und subtropischen Böden Paraná ungeeignet und führte auf den Ackerflächen zu erheblichen Bodenabträgen. Mit wachsendem Problembewußtsein sowohl auf seiten des Staates und der Wissenschaft als auch der Bauern kam es in Paraná zur Entwicklung von neuen Anbautechniken wie der Minimalbodenbearbeitung und des Direktsaatverfahrens, die durch niedrigere Bodenabträge gekennzeichnet sind als die herkömmlichen Verfahren. Seit ihrer Entwicklung haben sie in der Praxis eine weite Verbreitung gefunden. Allerdings werden darüber hinaus immer noch die ökologisch ungünstigeren Verfahren angewendet, so daß in der Untersuchungsregion, wie die Analyse von fünfzig ausgewählten Betrieben zeigt, vier verschiedene Produktionsverfahren in den angebauten Kulturen vorkommen. Zu diesen Verfahren gehören das bodenschonende Verfahren der Direktsaat und der Minimalbodenbearbeitung sowie die mit höheren Bodenabträgen verbundene konventionelle und traditionelle Bodenbearbeitung.

Aufgrund der hohen Kosten, die mit der Umstellung auf erosionsschützende Produktionsverfahren wie der Direktsaat verbunden sind, hat der Bundesstaat Paraná ein Programm zum Erosionsschutz entwickelt, um besonders Kleinbauern bei der Anwendung von Erosionsschutzmaßnahmen zu unterstützen sowie Gemeinden Maßnahmen zur Straßenbefestigung, Trinkwasserversorgung etc. in gefährdeten Wassereinzugsgebieten zu ermöglichen. In der vorangegangenen Analyse von fünfzig ausgewählten Betrieben wurden die Erosionsschutzmaßnahmen hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit und ihrer Integrationsmöglichkeit in den landwirtschaftlichen Betrieb analysiert. Dabei wurden die untersuchten Betriebe in drei unterschiedliche Betriebssysteme eingeteilt; Klein-, Mittel- und Großbetriebe.

Diese Betriebssysteme sind nicht nur durch eine unterschiedliche Flächenausstattung gekennzeichnet, sondern weisen auch wesentliche Unterschiede in der Arbeitskraftkapazität und der Maschinenausstattung auf. Insbesondere die unterschiedliche Maschinenausstattung führt in den Betriebssystemen zur Verwendung unterschiedlicher Produktionsverfahren, die durch die Art der Bodenbearbeitung charakterisiert und mit unterschiedlich hohen Bodenabträgen verbunden sind. Dabei weist das Betriebssystem der Großbetriebe den höchsten Anteil an erosionsschützenden Produktionsverfahren auf, gefolgt von den Mittel- und Kleinbetrieben. Die Großbetriebe können aufgrund ihrer höheren Kapitalkraft im Vergleich zu den Betrieben in den beiden anderen Betriebssystemen Investitionen leichter auf das erosionsschützende aber auch kapitalintensivere Produktionsverfahren der Direktsaat umstellen.

Die Kleinbetriebe, die im Rahmen des paranaensischen Erosionsschutzprogramms besonders gefördert werden sollen, nehmen die angebotenen Unterstützungsmöglichkeiten allerdings kaum in Anspruch. Dies resultiert einerseits daraus, daß die Durchführung des Direktsaatverfahrens in Lohn für diese Betriebe wesentlich wirtschaftlicher ist als die Anschaffung eines eigenen Maschinenparks. Andererseits besteht die Möglichkeit, daß die Betriebsleiter über die Förderungsmöglichkeiten von gemeinsamem Maschinenkauf in kleinen Gruppen nicht informiert sind oder das Risiko einer gemeinschaftlichen Investition und Nutzung der Maschinen scheuen. Eine Informationslücke hinsichtlich der Förderungsmöglichkeiten kann möglicherweise darin bestehen, daß die staatlichen landwirtschaftlichen Berater oftmals überlastet sind und sich deshalb ihre Beratungstätigkeit bevorzugt auf die größeren Betriebe konzentrieren. Oftmals kommt eine Beratung eher über persönliche Kontakte des Beraters mit den Betriebsleitern zustande oder dann, wenn ein Betriebsleiter den Berater in seinem Büro aufsucht und konkret über bestimmte Probleme im Betrieb anspricht. Diese Konstellation ist aber eher bei größeren als bei kleinen Betrieben gegeben. Hierfür sind sehr wahrscheinlich die unterschiedlichen Betriebsleiterfähigkeiten und Bildungsniveaus ein Grund. Für die weitere Durchführung des Programms erscheint es daher notwendig, eine grundlegende Evaluierung der derzeitigen Beratungstätigkeit vorzunehmen, um auch den Betriebsleitern aus Kleinbetrieben eine landwirtschaftliche Beratung zu ermöglichen.

Hinsichtlich der Bodenabtragsraten der Produktionsverfahren wurde in der Untersuchung festgestellt, daß das Direktsaatverfahren die eindeutig niedrigsten Bodenabträge verursacht. Das Produktionsverfahren mit der höchsten Erosionsrate stellt die konventionelle Bodenbearbeitung mit der schweren Scheibenegge dar. Minimalbodenbearbeitung mit dem Schwergrubber und traditionelle Bodenbearbeitung mit dem Scheibenpflug liegen mit ihren spezifischen Erosionsraten dazwischen, wobei die Minimalbodenbearbeitung wiederum eindeutig niedrigere Bodenabträge aufweist.

Die Produktionsverfahren sind nicht nur durch unterschiedliche Bodenabtragsraten sondern auch durch erhebliche Unterschiede in der Wirtschaftlichkeit gekennzeichnet. Diese drücken sich in unterschiedlich hohen Vergleichsdeckungsbeiträgen aus, die wiederum durch Unterschiede in den Marktleistungen und den Kosten für Pflanzenschutzmittel sowie der Arbeitserledigung, bestehend aus Eigenmaschinenkosten und Lohnunternehmer, zustande kommen. Dabei erzielt das Direktsaatverfahren trotz höherer Herbizidkosten in allen Betriebssystemen die höchsten Flächenproduktivitäten ausgedrückt in US-Dollar je ha. Diese

Tatsache resultiert einerseits aus höheren Erträgen und den damit verbundenen höheren Marktleistungen im Vergleich zu den anderen Produktionsverfahren. Andererseits sind die Maschinenkosten trotz höherer Anschaffungskosten für eine Direktsaatmaschine niedriger als bei den anderen Verfahren. Während bei der Direktsaat keine Bodenbearbeitung durchgeführt wird, sind im Gegensatz dazu die anderen Produktionsverfahren durch eine mehr oder weniger intensive Bodenbearbeitung gekennzeichnet, die durch den höheren Zugkraftbedarf der Bodenbearbeitungsgeräte einen höheren Verbrauch an Dieselkraftstoff verursachen. Außerdem werden die Maschinen in den Großbetrieben im Verhältnis zur Ackerfläche relativ gut ausgelastet, so daß die Durchschnittskosten für Maschinen unter denen der anderen Verfahren liegen. In Kleinbetrieben liegen die Kosten der Arbeitserledigung für das Direktsaatverfahren im Vergleich zu den übrigen Verfahren deshalb niedriger, weil diese Betriebe fast die gesamte Arbeitserledigung in Lohn durchführen lassen und diese wesentlich billiger ist als ein anderes Produktionsverfahren mit eigenem Maschinenpark. Bezüglich der Mittelbetriebe ließ sich feststellen, daß die Betriebsleiter ihre Maschinen im Betrieb im Verhältnis zu den Anschaffungskosten nicht voll auslasten. Aus diesem Grund kommt es zu unterschiedlichen Ergebnissen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit der Produktionsverfahren für dieses Betriebssystem. Je nach Auslastungsgrad und Nutzungsdauer der Maschinen fallen die Maschinenkosten beim Direktsaatverfahren höher oder niedriger aus als bei den anderen Produktionsverfahren. Dabei kann die Wirtschaftlichkeit der Direktsaat unter die der Minimalbodenbearbeitung sinken. Sie bleibt aber meist über der Wirtschaftlichkeit der konventionellen oder traditionellen Bodenbearbeitung. Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Direktsaat insgesamt in allen Betriebssystemen das wirtschaftlichste Verfahren darstellt. Einschränkend muß jedoch festgehalten werden, daß die Minimalbodenbearbeitung insbesondere für Mittelbetriebe aufgrund niedrigerer Maschinenkosten trotz höherer Bodenabträge im Vergleich zur Direktsaat eine kostengünstigere Alternative darstellen kann.

Die Unterschiede in der Wirtschaftlichkeit der Produktionsverfahren sowie deren unterschiedliche Ansprüche an die Arbeitskapazität und Maschinenausstattung der Betriebe kann in Simulationsmodellen der linearen Optimierung unter bestimmten Nebenbedingungen verdeutlicht und die ökonomischen Wirkungen ihrer Anwendung auf Organisation und Einkommen der Betriebe untersucht werden. In der Arbeit wurden für die klassifizierten Betriebssysteme, Klein-, Mittel- und Großbetriebe, je ein Durchschnittsbetrieb gebildet und jeweils vier Varianten von Optimierungsmodellen mit dem Ergebnis unterschiedlicher Betriebsorganisationen und Gesamtdeckungsbeiträge simuliert. Dafür wurde zunächst eine Ist-Situation ermittelt, welche die tatsächliche Situation in den Betrieben annähernd darstellen soll. Eine ökonomisch optimale Variante wurde im Hinblick auf die ausschließliche Maximierung des Gesamtdeckungsbeitrages berechnet. Obwohl in diesen Varianten der Gesamtbodenabtrag der Betriebe zum Teil erheblich unter den der Ist-Organisation gesenkt werden konnte, ergaben sich Monokulturbetriebe, deren langfristige ökologische Existenzfähigkeit durch Fruchtfolgekrankheiten und Abnahme der Bodenfruchtbarkeit in Frage gestellt werden muß. Aus diesem Grund wurden zwei weitere Varianten berechnet, bei denen eine Fruchtfolge als Nebenbedingung formuliert worden ist. Bei einer dieser beiden ökologisch optimalen Varianten mit Fruchtfolge wurde eine zusätzliche Beschränkung des zulässigen Bodenabtrags auf 7 t je ha formuliert, um die Veränderungen in der Betriebsorganisation

und im Gesamtdeckungsbeitrag bei Einführung einer flächenbezogenen Toleranzgrenze, die zu einer weiteren Reduzierung des Bodenabtrags im Betrieb führt, analysieren zu können. Letztere Variante muß aus ökologischer Sicht als die günstigste angesehen werden. Sie beinhaltet zwar einen Bodenabtrag, der über der Neubildungsrate von 0,5 t je ha liegt, verhindert aber im Gegensatz zur Betriebsquote die Bodendegradierung einzelner Flächen. Außerdem gewährt eine flächenbezogene Toleranzgrenze für den Bodenabtrag bei konsequenter Umsetzung in die Praxis eine Erosionsschutzwirkung auf der gesamten Fläche. Sie läßt sich zudem leichter verwirklichen, da sie nur bei Anwendung bestimmter Produktionsverfahren tatsächlich eingehalten werden kann, beziehungsweise Verfahren mit höheren Bodenabträgen von vorne herein ausgeschlossen sind.

Die Ergebnisse der Simulationsmodelle zeigen, daß in den Mittelbetrieben der Gesamtdeckungsbeitrag der Ist-Organisation am niedrigsten ausfällt. Dagegen liegt er in den Klein- und Großbetrieben jeweils knapp über der ökologisch optimalen Variante mit Fruchtfolge und der gleichzeitigen Begrenzung des Bodenabtrags auf 7 t je ha. In allen Betriebssystemen erzielte erwartungsgemäß die ökonomisch optimale Variante die höchsten Gesamtdeckungsbeiträge und damit die höchsten Einkommen. Allerdings ergab die Simulation dieser Organisationen reine Monokulturbetriebe in allen Betriebssystemen, in denen in jedem Gesamtbetrieb nur eine, höchstens aber drei unterschiedliche Kulturen in den beiden Anbauperioden im Sommer und Winter angebaut werden.

In den Kleinbetrieben handelt es sich dabei um Soja (Sommer) und Hafer (Winter) im Direktsaatverfahren und um Baumwolle (Sommer) in Minimalbodenbearbeitung. Ein solcher Monokulturanbau kann zur Senkung der Bodenfruchtbarkeit führen und damit die Ertragsfähigkeit der Ackerflächen langfristig gefährden. Zur Vermeidung solcher Effekte wurde deshalb die Einführung einer Fruchtfolge simuliert. Daraufhin sinkt zwar die Bodenerosion im Gesamtbetrieb verglichen mit der ökonomisch optimalen Lösung, aber auch der Gesamtdeckungsbeitrag und damit das Einkommen. Letztere gehen vor allem durch die Einschränkung des stark erosionsfördernden Baumwollanbaus erheblich zurück. Eine zusätzliche Beschränkung des zulässigen Bodenabtrags auf 7 t je ha führt zu einer weiteren Verringerung der Erosionsrate im Betrieb. Gleichzeitig wird aber keine Baumwolle mehr angebaut und der Gesamtdeckungsbeitrag sinkt nicht nur unter den der ökologischen Variante mit Fruchtfolge sondern auch unter den der Ist-Situation. Aus diesen Ergebnissen wird die Bedeutung des Baumwollanbaus für das Einkommen in den Kleinbetrieben deutlich. Durch einen Verzicht auf den Anbau von Baumwolle kann zwar der Bodenabtrag erheblich verringert werden, jedoch treten dabei erhebliche Einkommenseinbußen für den Betrieb auf. Hier gilt es ökologische und ökonomische Aspekte sehr sorgfältig abzuwägen. Aus Einkommensgründen können gerade die Kleinbetriebe nicht auf den Baumwollanbau verzichten, auch wenn es sich dabei um ein Produktionsverfahren mit einem hohen Bodenabtrag handelt. Jedoch besteht die Möglichkeit, Baumwolle im Direktsaatverfahren anzubauen. Allerdings wird dies erst in größerem Umfang auf spezialisierten Baumwollbetrieben angewendet, die wesentlich größere Flächen mit dieser Kultur bebauen. Die für das Direktsaatverfahren im mechanisierten Baumwollanbau notwendige spezielle Sämaschine rentiert sich nur auf größeren Flächen. Die untersuchten Kleinbetriebe bauen Baumwolle überwiegend mit Pferdegespannen an, so daß die Entwicklung von Direktsaatmaschinen im Baumwollanbau für tierische

Anspannung eine sinnvolle Alternative darstellen kann. Auf diese Weise müsste auf den lukrativen Anbau dieser Kultur nicht verzichtet werden. Zudem würde der Bodenabtrag geringer sein als bei der Minimalbodenbearbeitung.

Für die Mittelbetriebe ergibt sich ein ähnliches Bild wie für die Kleinbetriebe. Die ökonomisch optimale Variante weist den höchsten Gesamtdeckungsbeitrag auf. Auch hier ist diese Variante durch einen Monokulturanbau von Soja (Sommer) und Mais (Sommer und Winter) im Direktsaatverfahren und von Baumwolle (Sommer) in Minimalbodenbearbeitung gekennzeichnet. Daraus wird die hohe Wirtschaftlichkeit der Direktsaat bei Soja und Mais und der Minimalbodenbearbeitung bei Baumwolle deutlich. Durch die Einführung einer ökologisch verträglichen Fruchtfolge sinkt der Gesamtdeckungsbeitrag des Betriebes erheblich, obwohl der Baumwollanbau auf einer größeren Fläche angebaut werden kann als in der ökonomisch optimalen Variante. Diese Tatsache ist unter anderem auf den Ersatz des Maisanbaus durch den Anbau von Weizen zurückzuführen. Der Gesamtdeckungsbeitrag wird durch die Begrenzung des Bodenabtrags auf 7 t je ha weiter gesenkt, da auch hier wie in den Kleinbetrieben der Baumwollanbau in dieser Variante aufgegeben wird. Für die Mittelbetriebe ist der Baumwollanbau demzufolge ebenfalls von erheblicher Bedeutung. Wie aus der ökonomisch optimalen Variante hervorgeht, kann ein beträchtliches Einkommen durch den Anbau von Mais (Sommer und Winter) erwirtschaftet werden. Das Betriebsergebnis der Mittelbetriebe könnte auf lange Sicht besser ausfallen, wenn die Maschinen im Verhältnis zur Fläche besser ausgelastet würden. Dies ließe sich einerseits durch Ausdehnung der Ackerfläche erreichen, andererseits aber auch durch Maschinengemeinschaften, wie sie beim Besitz von Mähdreschern schon häufiger in der Praxis vorkommen.

Auch in den Großbetrieben konnte durch die Simulationsmodelle festgestellt werden, daß die Direktsaat das wirtschaftlichste Produktionsverfahren darstellt. Insbesondere der Maisanbau im Sommer wie im Winter erwirtschaftet die höchsten Einkommenszuwächse wie es die ökonomisch optimale Variante deutlich zeigt. Im Vergleich zu den Klein- und Mittelbetrieben werden in den Großbetrieben fast keine Produktionsverfahren angewendet, die einen Bodenabtrag von mehr als 7 t je ha aufweisen. In der Lösung der ökologisch optimalen Variante mit Fruchtfolge sind ausschließlich Produktionsverfahren der Direktsaat enthalten. Allerdings ist der Gesamtdeckungsbeitrag dieser Variante niedriger als derjenige der Ist-Organisation. Dieses Ergebnis beruht auf dem höheren Flächenanteil der Gründungs- pflanze 'Ervilhaca' und des fehlenden Anbaus von marktfähigen Bohnen.

Insgesamt kann festgestellt werden, daß die bodenschonenderen Produktionsverfahren in der Regel auch die wirtschaftlicheren Verfahren sind. Besonders hoch ist dabei die Wirtschaftlichkeit und Bedeutung des Direktsaatverfahrens. Die Investitionen in die teureren Direktsaatmaschinen und die höheren Ausgaben für spezielle und teurere Herbizide lohnen sich auch schon kurzfristig in den Mittel- und Großbetrieben. Kleinbetriebe können durch den Anbau im Lohnverfahren auf das Direktsaatverfahren umstellen. Dabei kann sich allerdings die Abhängigkeit in der Arbeitserledigung von den Großbetrieben als Nachteil herausstellen, da die Arbeiten oft nicht termingerecht durchgeführt werden können. Zusätzlich besteht weiterer Forschungsbedarf zur Entwicklung von Direktsaatmaschinen für Gespanne im Baumwollanbau von Kleinbetrieben, damit diese nicht auf den lukrativen Anbau dieser Kul-

tur verzichten müssen der ihre ökonomische Existenzfähigkeit sicherstellen kann. Durch das hohe Frostrisiko der Winterkulturen Weizen und Hafer sollte auch in diesem Bereich verstärkt in Richtung auf Frostresistenz und anderer marktfähiger Winterkulturen geforscht werden, um den Betrieben die Möglichkeit einzuräumen ihre Fruchtfolgen im Winterhalbjahr vielfältiger und gegebenenfalls rentabler gestalten zu können.