



# Agroforstwirtschaft – ein Gewinn für Landwirte und Umwelt?

Die Agroforstwirtschaft kombiniert Gehölze mit Ackerkulturen oder Tierhaltung auf der gleichen Fläche. Insbesondere in tropischen Regionen wird sie als bedeutende Möglichkeit angesehen, gleichzeitig die steigende Nachfrage nach Nahrungsmitteln zu stillen und Umweltschutz zu berücksichtigen. Aber können Agroforstsysteme aus der Sicht der Landwirte ihre vielfältigen Ziele und Bedürfnisse erfüllen?

TEXT: ELIZABETH GOSLING, ESTHER REITH, CAROLA PAUL

Die Einbringung von Bäumen in Agrarlandschaften stellt viele Vorteile für die Umwelt dar, zum Beispiel durch zusätzliche Kohlenstoffspeicherung und die Schaffung von Lebensraum für Wildtiere [4]. Darüber hinaus können Agroforstsysteme auch den Landwirten zugutekommen, indem sie die Bodenfruchtbarkeit und Dürreresistenz verbessern und durch Holzprodukte das landwirtschaftliche Einkommen diversifizieren. Diese Effekte helfen, finanzielle Risiken abzufedern [2].

Agroforstsysteme können jedoch bedeutende Nachteile für die Landwirte mit sich bringen, wie etwa hohe Investitionskosten, geringere Ernteerträge, größere Komplexität der Bewirtschaftung und verzögerte Erträge der Holzprodukte [2]. Wie Landwirte solche Vor- und Nachteile der Agroforstwirtschaft wahrnehmen, ist wichtig zu verstehen. Landwirte werden Agroforstwirtschaftssysteme nur dann einführen, wenn sie überzeugt sind, dass diese Systeme mit ihren eigenen Zielen und Bedürfnissen vereinbar sind.

In dieser Studie (finanziert durch



Fotos: E. Gosling

**Abb. 1:** Die Viehzucht ist die wichtigste Landnutzung in Tortí (ca. 125 km östlich von Panama City).

die Deutsche Forschungsgemeinschaft) untersuchen wir, ob die Integration von Agroforstwirtschaft den Landwirten dabei helfen könnte, ihre vielfältigen Ziele zu erreichen. Dazu integrieren wir Befragungsdaten, welche das Wissen der Landwirte über Landnutzungssysteme und ihre Präferenzen erfassen, in eine multikriterielle Optimierung. Das Modell schlägt die Verteilung der dem Landwirt zur Verfügung stehenden Fläche auf verschiedene Landnutzungsoptionen vor.

Unsicherheiten bezüglich der unterschiedlichen Einschätzung der Bauern werden bei der Entscheidungsfindung berücksichtigt.

## Untersuchungsgebiet

Wir führten unsere Untersuchungen in Tortí im Osten der mittelamerikanischen Republik Panama durch. Tortí hat rund 1.600 Einwohner und gilt als Waldgrenzgebiet: Vor 50 Jahren begannen Siedler den Naturwald (feuchte Tropenwälder) zu roden. Heute dominieren Weideflächen die Landschaft (Abb. 1).

Wir befragten 36 Landwirte in Tortí zu ihrer aktuellen Landnutzung und ihrer Meinung zu sechs Landnutzungssystemen (Abb. 2). Weideland, Ackerbau und Teakholzplantagen sind die häufigsten Formen der Landnutzung in Tortí. Da in Sekundärwäldern hochwertiges Holz bereits entnommen wurde, dienen diese Flächen nicht der Holzproduktion. Die zwei Agroforstsysteme beziehen sich auf ein silvoarables System („Alley Cropping“) und ein silvopastorales System (halboffene Weidelandschaft); beide Systeme sind in Tortí noch nicht üblich.



**Ackerbau** (z. B. Mais oder Reis)



**Weideland**



**Alley Cropping** (Mais zwischen Baumstreifen)



**Silvopastorales System** (Weideland mit 200 Bäumen/ha)



**Teakholzplantage**



**Naturwald** (Sekundärwald)

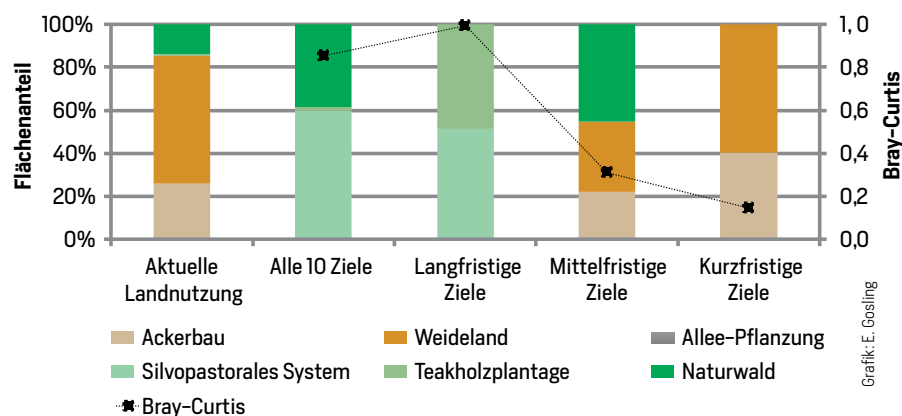
Fotos: E. Gosling

**Abb. 2:** Die sechs Landnutzungssysteme, welche die Landwirte während der Interviews bewerteten

Die Landwirte bewerteten jede Landnutzung anhand von zehn Kriterien, die verschiedene sozioökonomische und ökologische Zielsetzungen widerspiegeln (Tab. 1). Für jedes Kriterium gaben die Landwirte jeder Landnutzung eine Punktzahl zwischen 0 und 10 (0 = sehr schlecht und 10 = sehr gut).

Mit diesen Punktzahlen (bzw. den Mittelwerten und Standardfehlern jeder Landnutzung für jedes Kriterium) führten wir eine multikriterielle Landnutzungsoptimierung durch. Knoke und Kienlein beschreiben die Methode in dieser Ausgabe. Die zehn Kriterien stellen die Ziele der Landwirte dar und das Optimierungsmodell wählt den Flächenanteil der sechs Landnutzungen für einen theoretisch optimalen Landwirtschaftsbetrieb aus. Die optimale Zusammensetzung von Landnutzungen (sogenanntes Landnutzungsportfolio) verspricht eine „Kompromisslösung“, welche alle Ziele gleichzeitig und bestmöglich erfüllt.

Das Optimierungsmodell betrachtet Unsicherheit durch mögliche Schwankungen in der Leistung jeder Landnutzung (d. h. die Fähigkeit einer Landnutzung ein jeweiliges Ziel zu erfüllen). Auf diese Weise simuliert es die Entscheidungsfindung eines risikoscheu-



**Abb. 3:** Kumulative Flächenanteile der aktuellen Landwirtschaftsbetriebe in Tortí (ganz links) und die Zusammensetzung des optimierten Modellbetriebes, wenn alle oder nur bestimmte Ziele berücksichtigt werden. Die rechte Achse zeigt den Bray-Curtis-Wert, welcher die Abweichung zwischen der aktuellen und den optimierten Betrieben misst (angepasst von [3]). Je niedriger dieser Wert, desto größer die Ähnlichkeit zur aktuellen Landnutzung

en Landwirts. Dieser strebt nach einem Landnutzungsportfolio, welches die Ertragsverluste oder Untererfüllung einzelner Ziele unter ungünstigen Bedingungen minimiert.

## Ergebnisse

Das theoretisch ideale Landnutzungsportfolio für die Erfüllung der zehn Ziele besteht aus 60 % silvopastoralem System, 39 % Naturwald und 1 % Teakholzplantage (Abb. 3, zweiter Balken von links). Der große Flächenanteil des silvopastoralen Systems liegt an der positiven Bewertung der befragten Landwirte. Naturwald wird in diesem idealen Landnutzungsportfolio einbezogen, um die Wasser- und Bodenressourcen zu schützen, aber auch um die Komplexität der Bewirtschaftung, den Arbeitsaufwand und die Investitionskosten zu reduzieren. Die Dominanz des silvopastoralen Systems im optimalen Landnutzungsportfolio weist darauf hin, dass dieses Agroforstsystem hohes Potenzial hat, unterschiedliche Ziele der Landwirte zu befriedigen. Das optimierte Landnutzungsportfolio unterscheidet sich jedoch stark von den realen Landwirtschaftsbetrieben, in denen diese Landnutzungsform bisher nicht vorhanden ist (Abb. 3, linker Balken). Dies wirft die Frage auf: Wenn die Landwirte das silvopastorale System so positiv bewerten, warum kommt diese Landnutzung im Untersuchungsgebiet nicht vor?

Die Antwort könnte in der Gewichtung der Ziele durch die Landwirte liegen. In unserem Optimierungsmodell

sind alle zehn Ziele gleich gewichtet. Der Unterschied zwischen den optimierten und aktuellen Landnutzungsportfolios suggeriert aber, dass manche Ziele für die Landwirte wichtiger als andere sein könnten. Deshalb haben wir verschiedene Kombinationen von Zielen in der Optimierung getestet. Wir nehmen an: Je ähnlicher die Zusammensetzung des optimierten Modellbetriebes zur realen Landnutzung ist, desto bedeutender sind die jeweiligen Ziele für die Landnutzungsentscheidungen der Landwirte. Wir messen die Ähnlichkeit zwischen dem aktuellen und den optimierten Landnutzungsportfolios anhand des Bray-Curtis Wertes (1 = die Portfolios sind gegensätzlich, 0 = sie sind identisch).

Drei Kombinationen von Zielen, die wir getestet haben, sind:

- **Langfristige Ziele:** Maximierung von dauerhaftem Einkommen und wirtschaftlicher Stabilität
- **Mittelfristige Ziele:** Reduzierung des Arbeitsaufwands, der Komplexität der Bewirtschaftung und Investitionskosten sowie die Aufrechterhaltung der Liquidität und Deckung des Haushaltsbedarfs
- **Kurzfristige Ziele:** Beziehen sich ausschließlich auf regelmäßiges Bareinkommen und die Ernährungssicherheit (Liquidität und Deckung des Haushaltsbedarfs)

Wenn ein Landwirt das Einkommen und die wirtschaftliche Stabilität maximieren möchte (langfristige Ziele), schlägt das Modell vor, dass er 50 % seines Landes mit Teakholzplantagen und 50 % mit

## Schneller ÜBERBLICK

- » **In der Untersuchung wird erforscht,** ob Agroforstwirtschaft dazu beitragen kann, unterschiedliche Ziele und Bedürfnisse von Landwirten in tropischen Regionen zu erfüllen
- » **Das Wissen der Landwirte** und die Berücksichtigung von Unsicherheit bilden die Grundlage unserer Forschungsmethode
- » **Silvopastorale Systeme (Bäume mit Tierhaltung)** zeigten ein besonders hohes Potenzial zur Vereinbarung sozioökonomischer und ökologischer Ziele
- » **Als zentrale Hindernisse** zur Einführung der Agroforstwirtschaft zählen fehlendes regelmäßiges Einkommen und die instabile Ernährungssituation



## Agroforstsysteme in der Bewertung

Die 10 Kriterien anhand derer die Landwirte die Landnutzungen bewerteten

Kriterium	Beschreibung
<b>Langfristiges Einkommen</b>	Nettogesamteinkommen der Landnutzung über 20 Jahre
<b>Arbeitsaufwand</b>	Die benötigte Menge an Arbeitskräften, um den Landnutzungstyp zu bewirtschaften
<b>Deckung des Haushaltsbedarfs</b>	Beitrag der Landnutzung zum Bedarf des Haushalts des Landwirts an Nahrung und anderen Materialien
<b>Wirtschaftliche Stabilität</b>	Stabilität des erwarteten Einkommens der Landnutzung bei extremen Wetterbedingungen, Schädlingen sowie Preisschwankungen
<b>Liquidität</b>	Regelmäßiges zu erwartendes Einkommen
<b>Investitionskosten</b>	Investitionen für die Etablierung der Landnutzung
<b>Komplexität der Bewirtschaftung</b>	Bedarf an speziellen Geräten, Maschinen und Kenntnissen
<b>Schutz von Wasserressourcen</b>	Inwieweit die jeweilige Landnutzung die Verfügbarkeit und Qualität von Süßwasser erhalten kann
<b>Schutz der Bodenressourcen</b>	Inwieweit die Landnutzung die langfristige Bodenproduktivität aufrechterhält
<b>Allgemeine Präferenz</b>	Die Präferenzen der Landwirte für jede Landnutzung

einem silvopastoralem System bewirtschaftet (Abb. 3, mittlerer Balken). Für mittelfristige Ziele dagegen wäre 45 % Naturwald, 33 % Weide und 22 % Ackerland die ideale Mischung. Für die kurzfristigen Ziele ist Waldfläche im Landnutzungsportfolio nicht mehr enthalten. Es besteht aus 60 % Weideland und 40 % Ackerbau. Diese Betriebszusammensetzung zur Erfüllung kurzfristiger Ziele ist dem aktuellen Landnutzungsportfolio am ähnlichsten (siehe niedrigster Bray-Curtis-Wert in Abb. 3). Dies lässt vermuten, dass Liquidität und Deckung des Haushaltsbedarfs zusammen die wichtigsten Entscheidungskriterien für die Landwirte sind.

### Literaturhinweise:

[1] AFFHOLDER, F.; JOURDAIN, D.; QUANG, D.; TUONG, T. P.; MORIZE, M.; RICOME, A. (2010): Constraints to farmers' adoption of direct-seeding mulch-based cropping systems: A farm scale modeling approach applied to the mountainous slopes of Vietnam. *Agricultural Systems*, 103, S. 51-62. [2] CUBBAGE, F.; BALMELLI, G.; BUSSONI, A.; NOELLEMEYER, E.; PACHAS, A.; FASSOLA, H. et al. (2012): Comparing silvopastoral systems and prospects in eight regions of the world. *Agroforestry Systems*, 86, S. 303-314. [3] GOSLING, E.; REITH, E.; KNOKE, T.; PAUL, C. (2020): A goal programming approach to evaluate agroforestry systems in Eastern Panama. *Journal of Environmental Management* 261: 1-13. [4] JOSE, S. (2009): Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: An overview. *Agroforestry Systems*, 76, S. 1-10. [5] UMAR, B. (2013): A critical review and re-assessment of theories of smallholder decision-making: A case of conservation agriculture households, Zambia. *Renewable Agricultural Food Systems*, 29, S. 277-290.

Dieses Ergebnis steht im Einklang mit anderen Studien in tropischen Gebieten. Die Studien zeigen, dass Kleinbauern oft grundlegende, unmittelbare Bedürfnisse nach Geld und Ernährungssicherheit priorisieren müssen [1, 5]. Die Befriedigung dieser Grundbedürfnisse kann verhindern, dass Landwirte in neue und umweltfreundliche Landnutzungssysteme investieren, was letztendlich die langfristige Produktivität verringern kann.

### Schlussfolgerungen

Nach der Bewertung von Landwirten können silvopastorale Systeme dazu beitragen, gleichzeitig mehrere sozioökonomische und ökologische Ziele miteinander zu vereinbaren. Nichtsdestotrotz bevorzugt der risikoaverse Landwirt, welcher sich nur auf Liquidität und Haushaltsbedürfnisse fokussiert, dem Optimierungsmodell nach, das konventionelle Weideland vor dem silvopastoralen System. Demzufolge könnten Liquidität und nicht vorhandene Ernährungssicherheit wichtige Hindernisse für die Einführung von Agroforstwirtschaft darstellen.

Um solche Hindernisse zu überwinden, sind Agroforstsysteme auszuwählen und zu fördern, welche erstens frühe und häufige Einkommensströme sowie zweitens regelmäßige Ernten von Kulturpflanzen ermöglichen. In Tortí könnte das für Gehölzarten sprechen, die auch als Viehfutter verwendet werden kön-

**„Landwirte und Umwelt können von Agroforstsystemen profitieren, diese sollten aber regelmäßiges Einkommen und Ernährungssicherheit gewährleisten.“**

ELIZABETH GOSLING

nen und somit höhere Besatzdichten ermöglichen. Alley-Cropping-Systeme mit geringerer Baumdichte und damit mehr Sonnenlicht für die Kulturpflanzen könnten eine attraktive Möglichkeit für Landwirte sein.

Die Kopplung unseres Optimierungsansatzes mit Befragungsdaten bietet eine Methode, um das Wissen und die Präferenzen der örtlichen Landwirte direkt in die Landnutzungsplanung zu integrieren. Optimierte Landnutzungs zusammensetzungen können dann einen hilfreichen Ausgangspunkt für Diskussionen mit Interessengruppen im Rahmen einer partizipativen Landnutzungsplanung darstellen.



**Elizabeth Gosling**  
elizabeth.gosling@tum.de,

und **Esther Reith** sind Doktorandinnen an der Professur für Waldinventur und nachhaltige Nutzung an der Technischen Universität München. **Carola Paul** ist Leiterin der Abteilung Forstökonomie und nachhaltige Landnutzungsplanung an der Georg-August-Universität Göttingen und leitet das vorgestellte Forschungsprojekt in Panama.