

Ökosystemleistungen bewerten – Beispiele aus Chile und Panama

Wissenschaft und Politik fordern die Gestaltung multifunktionaler Landschaften.

Um Ökosystemleistungen in Landnutzungsentscheidungen einbeziehen zu können, müssen jedoch die Unterschiede in ihrer Bereitstellung zwischen verschiedenen Landnutzungsoptionen bekannt sein. Dies ist jedoch nur sehr selten der Fall. Wir stellen hier einen partizipativen Forschungsansatz zur Diskussion, der eine konsistente Abschätzung solcher Werte unter Einbeziehung der Unsicherheit erlaubt.

*Esther Reith, Elizabeth Gosling,
Thomas Knoke, Britta Uhde, Carola Paul*

Der Mangel an quantitativen Daten zur Bereitstellung von Ökosystemleistungen erschwert Landnutzungsentscheidungen [1,12]. Diese Wissenslücke kann mittels in-situ-Messungen geschlossen werden. Solche umfangreichen Datenerhebungen sind jedoch oftmals schwierig und kostenintensiv. Eine Alternative zum Bewerten von Ökosystemleistungen stellt die Einbeziehung von Expertenmeinungen dar [2, 12].

Der Analytische Hierarchieprozess unter Einbeziehung von Unsicherheit

Eine viel versprechende Methode zur Quantifizierung von Expertenmeinungen ist der Analytische Hierarchieprozess (Analytical Hierarchy Process – AHP) nach Saaty [8]. Die AHP-Methode ist eine multikriterielle Analyseverfahren [11]. Sie dient dazu, komplexe Entscheidungsprozesse zu vereinfachen, indem sie diese in kleine Einheiten zerlegt, strukturiert und analysiert [3,9].

AHP kann verwendet werden, um verschiedene Alternativen im Hinblick auf festgelegte Kriterien zu bewerten. Mittels paarweisen Vergleichen werden Entscheidungshierarchien mit Prioritäten ermittelt, sodass Rangfolgen (z. B. von forstlichen Bewirtschaftungsalternativen oder Landnutzungsalternativen) bezogen auf jedes abgefragte Kriterium (z. B. bestimmte

Ökosystemleistungen) entstehen. Die Befragten vergleichen jeweils zwei verschiedene Optionen (z. B. Silvopastorales System vs. Sekundärwald) im Hinblick auf die Bereitstellung einer bestimmten Ökosystemleistung (z. B. Wasserregulierung). Es wird nicht nur gefragt, welche Landnutzungsoption die Bereitstellung der jeweiligen Ökosystemleistung am besten erfüllt, sondern auch quantifiziert, inwieweit sie diese besser erfüllt. Dieser Prozess wird fortgeführt, bis der Befragte alle Landnutzungsoptionen miteinander verglichen hat.

AHP hat im Bereich des Managements natürlicher Ressourcen zunehmend Aufmerksamkeit erfahren und wurde bereits zur Entscheidungsunterstützung für verschiedene forstwirtschaftliche Anwendungen genutzt, insbesondere für partizipative Ansätze [3, 4, 9]. In einer aktuellen Studie zu chilenischen Waldbeständen nutzten Uhde et al. [12] AHP zur Quantifizierung der Bereitstellung von Ökosystem-

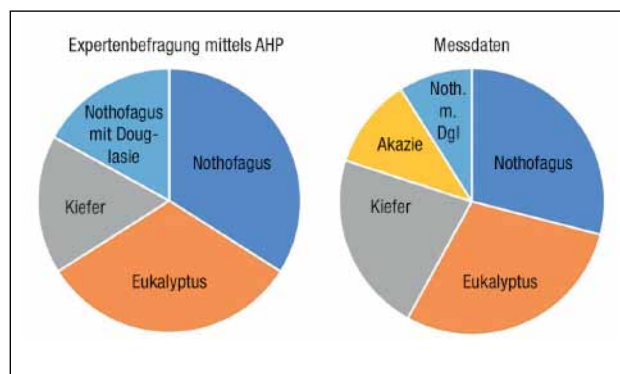


Abb. 1: Zusammensetzung eines potenziellen Forstbetriebs in Chile zur stabilen Bereitstellung multipler Ökosystemleistungen, resultierend aus einer multikriteriellen Optimierung (s. [5]), basierend auf Expertenmeinungen und deren Variabilität (links) bzw. auf Messwerten und deren Unsicherheiten (rechts) (verändert aus [12])

Schneller Überblick

- Forschungsansätze der modernen Landnutzungsplanung setzen die Quantifizierung von Ökosystemdienstleistungen voraus
- Vergleichbare Daten zu verschiedenen Landnutzungsoptionen fehlen jedoch meist
- Über den Analytischen Hierarchischen Prozess können Ökosystemleistungen auf Basis von Expertenbefragungen quantifiziert werden
- Unsicherheiten werden durch die Variabilität der Expertenmeinungen dargestellt

leistungen durch fünf Waldtypen, basierend auf dem Wissen von Forstexperten (darunter Wissenschaftler und Forstingenieure). Diese Information wurde mit einer robusten Portfoliooptimierung kombiniert, um die idealen Anteile jedes Waldtyps in einem Waldportfolio zu erhalten. Ziel der Optimierung war es, eine möglichst stabile Bereitstellung aller einbezogenen Ökosystemleistungen zu ermöglichen. Die angestrebte Kompromisslösung verhindert ein schlechtes Abschneiden einzelner Ökosystemleistungen zugunsten anderer [5]. Kern dieser Modellierung ist die Einbeziehung der Unsicherheit. Bei der Verwendung von ökologischen Messdaten (z. B. der Biomasseproduktion) kann die Unsicherheit durch den Standardfehler der Messung quantifiziert werden. Der hier vorgestellte AHP-Ansatz be-

zieht Unsicherheit durch die Variabilität der Expertenmeinungen ein. Es wird davon ausgegangen, dass Unterschiede in den Antworten die Unsicherheit bei der Schätzung von Ökosystemleistungen zumindest ansatzweise widerspiegeln.

Zusätzlich zu den AHP-Befragungen quantifizierten die Autoren die Ökosystemleistungen der Waldtypen anhand von Messwerten und ihrer entsprechenden Fehler. Diese lagen durch die Zusammenarbeit mit waldbaulichen Instituten für das Studiengebiet in Chile vor [12]. Die aus den beiden Datentypen resultierenden idealen Waldzusammensetzungen ähneln sich stark (Abb. 1). Dies bestätigt die Nützlichkeit der Expertenmeinungen als Grundlage von Portfoliooptimierungen.

Eine Anwendung in Panama mit Experten und Landnutzern

In einem aufbauenden Forschungsansatz in Panama (finanziert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft) soll das Konzept von Uhde et al. [12] für einen Landschaftsansatz, unter Einbeziehung von forst-, aber auch landwirtschaftlicher Optionen weiterentwickelt werden. Ziel der Studie ist es, das Potenzial von Agroforstsystemen zur Wiederherstellung ökologischer und ökonomischer Funktio-

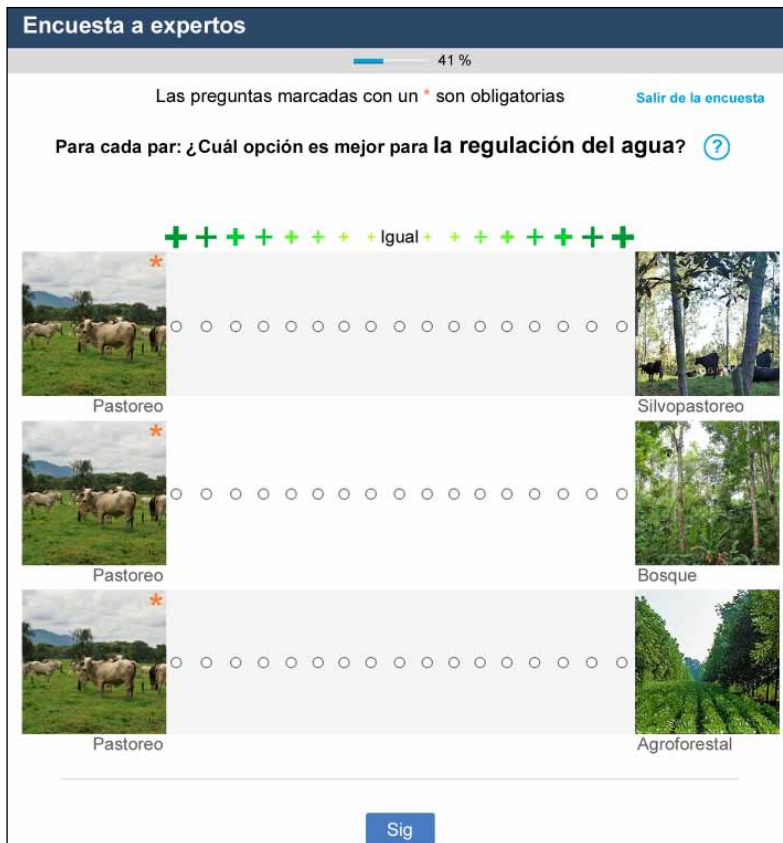


Abb. 2: Beispiel für Online-Version der Expertenbefragung in der Landessprache

nen in degradierten Landschaften zu untersuchen.

Neben ausgewiesenen Experten von Forschungsinstituten, Universitäten, Regierungsbehörden, Nichtregierungsorganisationen und Vereinen wird auch das Wissen der Landnutzer im Untersuchungsgebiet mittels AHP miteinbezogen. Dies stellte eine Herausforderung, aber auch eine methodische Neuerung dar. Zusätzlich zur Befragung zu den ökologischen und ökonomischen Funktionen verschiedener Alternativen der Landnutzung wird mithilfe weiterer partizipativer Methoden die aktuelle Ressourcennutzung

kartiert. Diese Information spiegelt die aktuelle Landnutzung wider.

Die entwickelten Fragebögen (digital und analog) wurden im Pretest mit Teilnehmern innerhalb und außerhalb der Forschungsgruppe über mehrere Monate verbessert und angepasst. In der Enddarstellung wurden Text und Zahlen reduziert und bildliche Komponenten hervorgehoben, um die Verständlichkeit und damit die Datenqualität zu gewährleisten (Abb. 2).

Bewertung der Methode

Eine wesentliche Stärke von AHP ist die systematische und konsistente Quantifizierung der Expertenmeinung. Die Methode erlaubt die Berechnung der Konsistenz der Experteneinschätzung [10].

Dadurch ist eine integrierte Qualitätskontrolle der AHP-Daten gegeben. So können Datensätze von Befragten, die offensichtlich raten oder keine konsistente Meinung vertreten, aussortiert werden.

Aus praktischer Sicht ist AHP vielseitig einsetzbar. Die Befragungen können mittels eines Online-Fragebogens, aber auch in einer Diskussion mittels visuellen Hilfsmitteln durchgeführt werden (Abb. 3). Die Verwendung von verbalen und visuellen Methoden ist besonders wichtig, um die Erfahrungen von Landwirten einzubeziehen, die möglicherweise geringe Lese- und Schreibkenntnisse haben [6]. Diese Vielseitigkeit trägt dazu bei, das Wissen von mehreren Interessengruppen berücksichtigen zu können, eine weitere Stärke der AHP-Methode [9].

Ein Nachteil von AHP besteht jedoch in dem hohen Zeitaufwand, da die Anzahl der paarweisen Vergleiche quadratisch mit der Anzahl der zu bewertenden Landnutzungsalternativen zunimmt. In dem beschriebenen Anwendungsbeispiel wird die Leistung von sieben Landnutzungen untersucht. Dies ergibt 21 Vergleiche pro Ökosystemleistung. Die Anzahl der rela-



Abb. 3: Expertenbefragung am Tablet (links) und Vergleich von Landnutzungsoptionen mit einem Landwirt auf seinem Grundstück (rechts)

tiven monotonen paarweisen Vergleiche begrenzt die Anzahl der Landnutzungen, die in einer Studie einbezogen werden können, sowie die Anzahl der Indikatoren, die ein Befragter in einer Sitzung bewerten kann. Bei einer zu hohen Anzahl paarweiser Vergleiche ist die Gefahr des Abbruchs während des Interviews sehr hoch. Die Erfahrung hat gezeigt, dass dies besonders bei der Befragung von Landwirten eine Rolle spielt, die pro Sitzung normalerweise bis zu zwei Indikatoren bearbeiteten. Dahingegen können gemeinsam mit Experten in der gleichen Zeit (etwa 35 Minuten) bis zu fünf Indikatoren in einer Sitzung besprochen werden.

Darüber hinaus beruht die Leistung verschiedener Landnutzungsoptionen auf der Wahrnehmung der Befragten anstatt auf genauen Messungen. Jedoch sind regional spezifische Messdaten nicht immer vorhanden und die Komplexität der Umweltprozesse erschwert die Messung von Umweltauswirkungen, sodass das Zurückgreifen auf Expertenwissen häufig die einzige Möglichkeit ist, Ökosystemleistungen zu bewerten [2, 7]. Um die Genauigkeit der Experteneinschätzungen zu gewährleisten, werden Experten für Indikatoren ausgewählt, die ihrem Fach-



Abb. 4: Vor 40 Jahren entwaldet, wird die Studienregion im östlichen Panama heute von Viehzucht dominiert.

gebiet entsprechen. Die Konsistenzprüfung ermöglicht eine weitere Absicherung im Vergleich zu klassischen Befragungen oder einfachen Rangabfragen. Hohe Unterschiede in der Bewertung verschiedener Ökosystemleistungen einzelner Optionen durch unterschiedliche Experten spiegeln eine hohe Unsicherheit in der Bewertung wider. Das Beispiel aus Chile zeigt, dass genau dieser Unterschied in der Meinung meist auch durch hohe Unsicherheit „echter“ Messungen widerspiegelt wird (z. B. aufgrund geringer zur Verfügung stehender Stichproben, hoher Abweichung der Ergebnisse zwischen den Stichproben oder hoher Messfehler). Während echte Messdaten weiter die erstrebenswerten Datengrundlage bleiben, sollten die Unsicherheiten beider Datengrundlagen (Messdaten oder Befragungen) in weiteren Modellierungen einbezogen werden.

Schlussfolgerung und Ausblick

Die mittels AHP quantifizierte Expertenmeinung kann als Datengrundlage für Simulationen und Optimierungen dienen [12], um herauszufinden, welchen Anteil untersuchte Landnutzungsoptionen in einer idealen Landschaft haben sollten. In der weiterführenden Studie soll untersucht werden, ob Agroforstwirtschaft dazu beitragen kann, Interessenskonflikte zwischen der Gesellschaft und den Landwirten zu verringern. Dieser Konflikt entsteht durch die gesellschaftliche Forderung nach vielfältigen Ökosystemleistungen (insbesondere regulierende Leistungen) auf der einen Seite und der Notwendigkeit, die Bedürfnisse der Landwirte (überwiegend ökonomische Funktionen und bereitstellende Ökosystemleistungen) zu befriedigen, auf der anderen Seite. Mit der Modellierung soll untersucht werden, wie groß der Anteil von Agroforstwirtschaft

auf der Landschaftsebene sein sollte, um möglichst viele Ökosystemleistungen stabil, d. h. auch unter Einbeziehung der Unsicherheit, bereitzustellen.

Obwohl der Schwerpunkt der hier genannten Anwendungsbeispiele in Lateinamerika liegt, ist die AHP-Methode flexibel einsetzbar und auf verschiedene forstwirtschaftliche Anwendungen und Länder übertragbar. Die hier dargestellte Methode soll keinesfalls die Bedeutung empirischer Datenerhebungen schmälern. Eine verbesserte Verfügbarkeit von Daten kann im Rahmen eines adaptiven Prozesses zur Anpassung von Landnutzungsplanungen beitragen. Ein partizipativer AHP-Prozess kann jedoch die Einbeziehung von Landbesitzern und Anspruchsgruppen und ihrer Erfahrungen schon zu Beginn eines Forschungsprojektes ermöglichen. So können auch erste Modellrechnungen schon vor Fertigstellung der Datensätze ermöglicht werden. Gerade in internationalen Projekten, in denen keinerlei Daten und finanzielle Möglichkeiten für komplexe und langjährige Versuchsreihen zur Verfügung stehen, erscheint der AHP-Prozess als eine kostengünstige und dennoch fundierte Alternative zur Quantifizierung von Ökosystemleistungen und ihrer Unsicherheit.

Literaturhinweise:

[1] BURKHARD, B.; KROLL, F.; MÜLLER, F.; WINDHORST, W. (2009): Landscapes' capacities to provide ecosystem services – a concept for land-cover based assessments. *Landscape online*, 15(1), S. 22. [2] CAMPAGNE, C.; ROCHE, P.; GOSSSELIN, F.; TSCHANZ, L.; TATONI, T. (2017): Expert-based ecosystem services capacity matrices: Dealing with scoring variability. *Ecological Indicators*, 79, S. 63-72. [3] GADOW, K. von (2006): Forsteinrichtung: adaptive Steuerung und Mehrpfadprinzip. Universitätsverlag Göttingen. [4] KANGAS, J.; KANGAS, A. (2005): Multiple criteria decision support in forest management – the approach, methods applied, and experiences gained. *Forest Ecology and Management*, 207(1-2), S. 133-143. [5] KNOKE, T.; PAUL, C.; HILDEBRANDT, P.; CALVAS, B.; CASTRO, L.; HÄRTL, F. et al. (2016): Compositional diversity of rehabilitated tropical lands supports multiple ecosystem services and buffers uncertainties. *Nature communications*, 7, S. 11877. [6] KUMAR, S. (2002): Methods for community participation: a complete guide for practitioners. [7] LIMA, J.; GOIS AQUINO, F. de; CHAVES, T.; LORZ, C. (2017): Development of a spatially explicit approach for mapping ecosystem services in the Brazilian Savanna – MapES. *Ecological Indicators*, 82, S. 513-525. [8] SAATY, T. (1977): A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), S. 234-281. [9] SCHMOLDT, D.; KANGAS, J.; MENDOZA, G.; PESONEN, M. (2013): The analytic hierarchy process in natural resource and environmental decision making. *Springer Science & Business Media*. [10] TOLEDO, R.; ENGLER, A.; AHUMADA, V. (2011): Evaluation of risk factors in agriculture: an application of the Analytical Hierarchical Process (AHP) methodology. *Chilean journal of agricultural research*, 71(1), S. 114. [11] UHDE, B.; HAHN, W.; GRIESS, V.; KNOKE, T. (2015): Hybrid MCDA methods to integrate multiple ecosystem services in forest management planning: a critical review. *Environmental management*, 56(2), S. 373-388. [12] UHDE, B.; HEINRICH, S.; STIEHL, C.; AMMER, C.; MÜLLER-USING, B.; KNOKE, T. (2017): Bringing ecosystem services into forest planning – Can we optimize the composition of Chilean forests based on expert knowledge? *Forest Ecology and Management*, 404, S. 126-140.

Esther Reith, esther.reith@tum.de und Elizabeth Gosling sind Doktorandinnen am Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung an der Technischen Universität München. Thomas Knoke leitet das Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung. Britta Uhde arbeitet bei Aquila Capital und ist ebenfalls Doktorandin am Fachgebiet der TUM. Carola Paul ist Leiterin des Fachgebiets Forstökonomie und nachhaltige Landnutzungsplanung an der Georg-August-Universität Göttingen und leitet das vorgestellte Forschungsprojekt in Panama.

