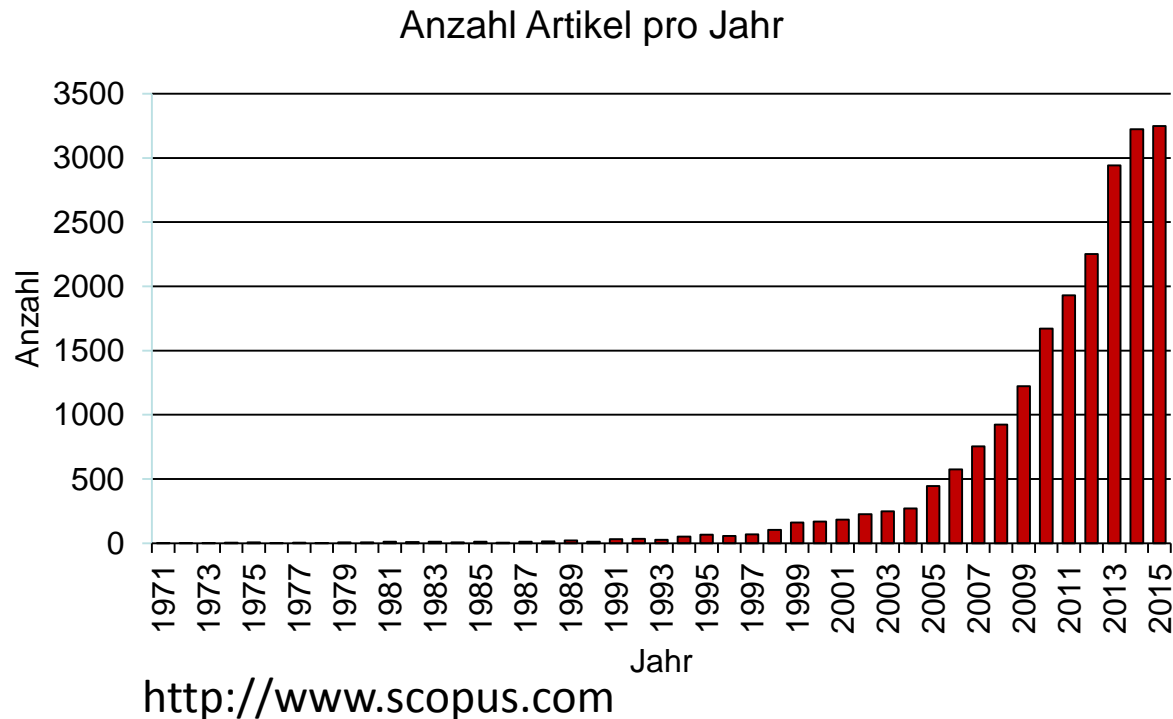


Elseviers Datenbank SCOPUS listet **21.466** Artikel mit „**Ecosystem Services**“ in Titel, Abstract oder Keywords (14/02/2016)



„Until recently mankind has more or less taken for granted the **gas-exchange, water-purification, nutrient-cycling, and other protective functions** ... . Now, of course, it is painfully evident that such balances are being affected, often detrimentally.“

# Integration von Unsicherheiten multipler Ökosystemleistungen in eine Landnutzungsplanung



Thomas Knoke

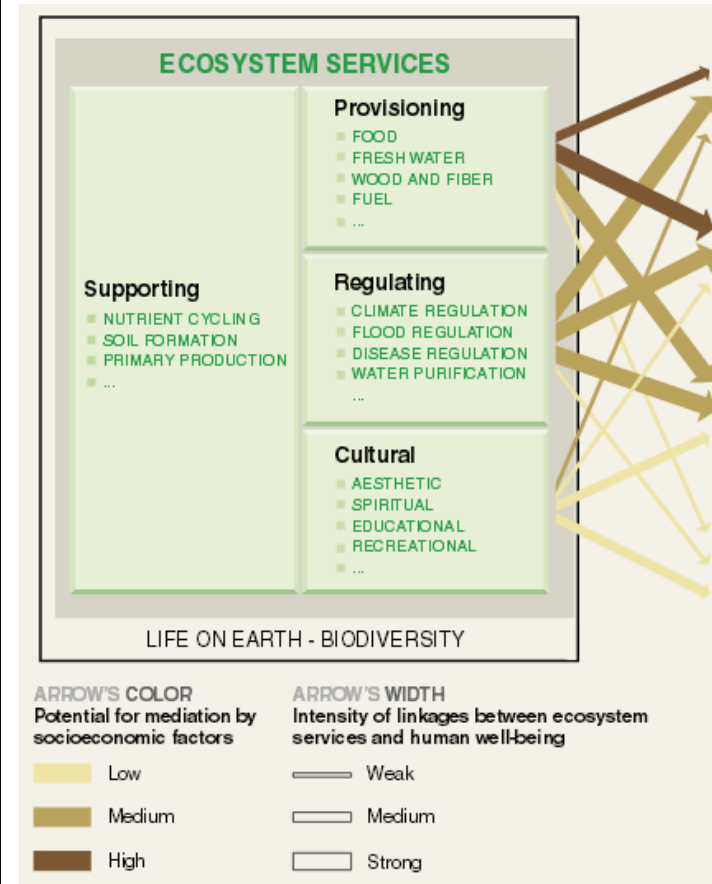




1. Ökosystemleistungen:  
Definition - Bewertung – Integration in Landnutzung
2. Modelle zur Allokation von Land:  
Thünen – Portfolio-Modelle
3. Integration von Unsicherheit und Optimierungsidee
4. Ergebnisse:  
Zahl der Indikatoren – Einfluss der Unsicherheit
5. Übertragung der Optimierungsergebnisse in die Landschaft
6. Fazit

# Definition von Ökosystemleistungen

Ecosystem services are the benefits people obtain from ecosystems. These include **provisioning services** such as food, water, timber, and fiber; **regulating services** that affect climate, floods, disease, wastes, and water quality; **cultural services** that provide recreational, aesthetic, and spiritual benefits; and **supporting services** such as soil formation, photosynthesis, and nutrient cycling.



Ermöglichen Sicherheit, Gesundheit, Überleben, Wahlfreiheit, Optionen

## The value of the world's ecosystem services and natural capital

Robert Costanza<sup>††</sup>, Ralph d'Arge<sup>‡</sup>, Rudolf de Groot<sup>§</sup>, Stephen Farber<sup>||</sup>, Monica Grasso<sup>†</sup>, Bruce Hannon<sup>¶</sup>, Karin Limburg<sup>‡\*</sup>, Shahid Naeem<sup>\*\*</sup>, Robert V. O'Neill<sup>††</sup>, Jose Paruelo<sup>‡‡</sup>, Robert G. Raskin<sup>§§</sup>, Paul Sutton<sup>|||</sup> & Marjan van den Belt<sup>¶¶</sup>

Costanza *et al.* (1997) *Nature* **387**: 253-260.

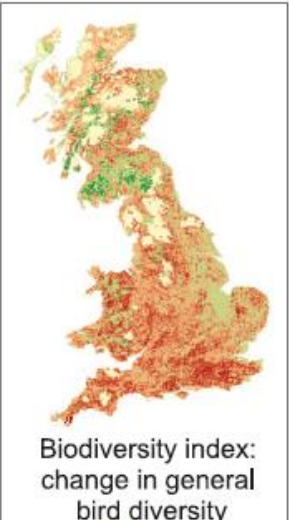
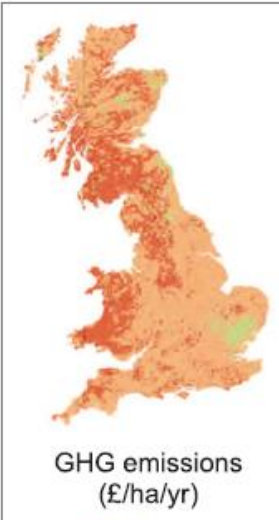
Ergebnis: 16 bis 54 Billionen ( $10^{12}$ ) US\$ pro Jahr.  
Zum Vergleich: Weltbruttosozialprodukt 18 Billionen pro Jahr.

Beispiel: Das Naturkapital eines Tropenwaldes leistet (ohne Holznutzung) **1.620 US\$** pro ha pro Jahr während das Naturkapital eines Ackers inklusive Nahrungsmittelproduktion nur **92 US\$** pro ha pro Jahr bringt. **Plausibilität?**

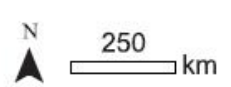
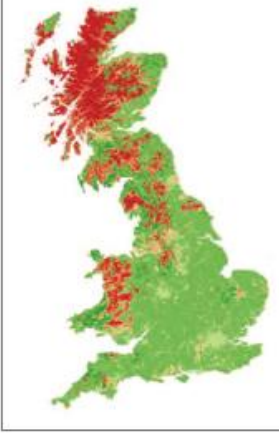
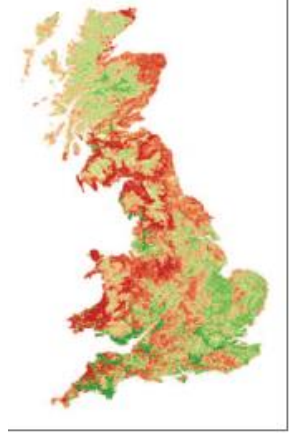
Hieraus könnte man den problematischen Schluss ableiten, dass der ökonomische Wert ungenutzter denjenigen genutzter Ökosysteme übersteigt.

# Integration von Ökosystemleistungen in Landnutzung durch ökonomische Wert-Koeffizienten

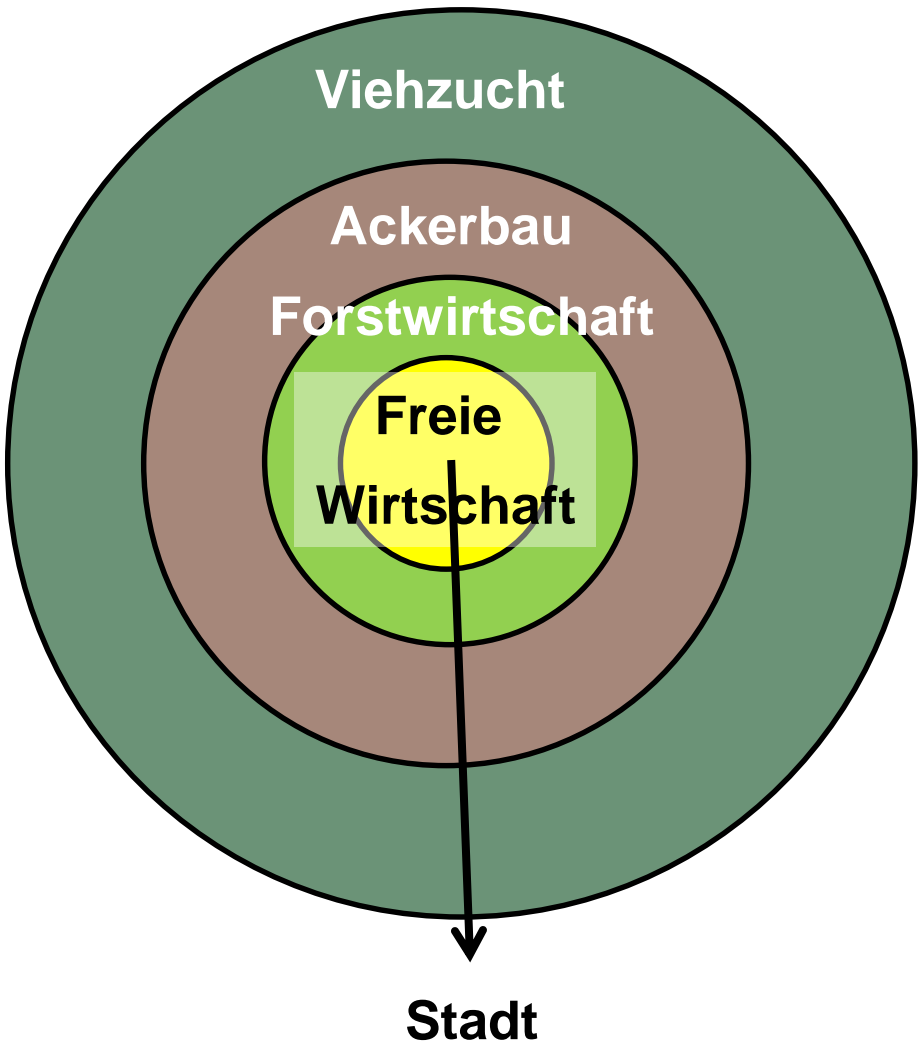
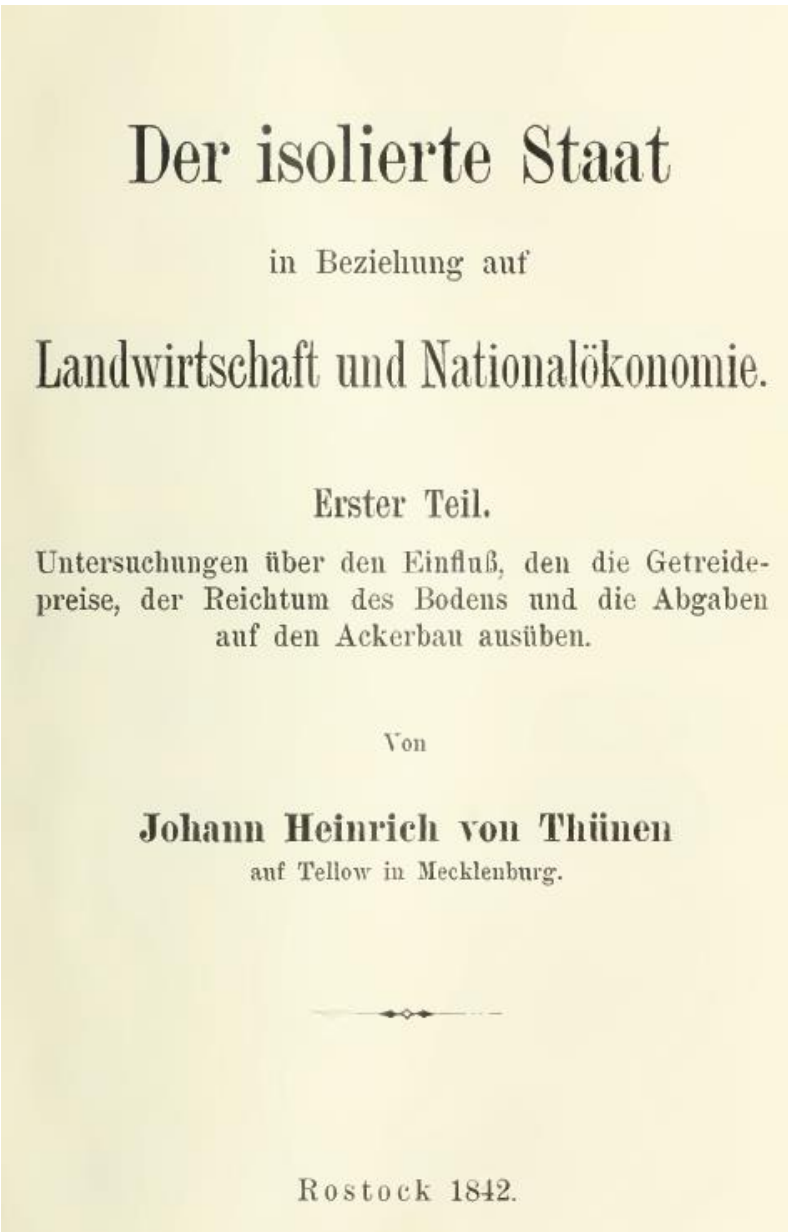
World market



Nature at work: Politik u. Landschaftsplanung fördern Multifunktionalität

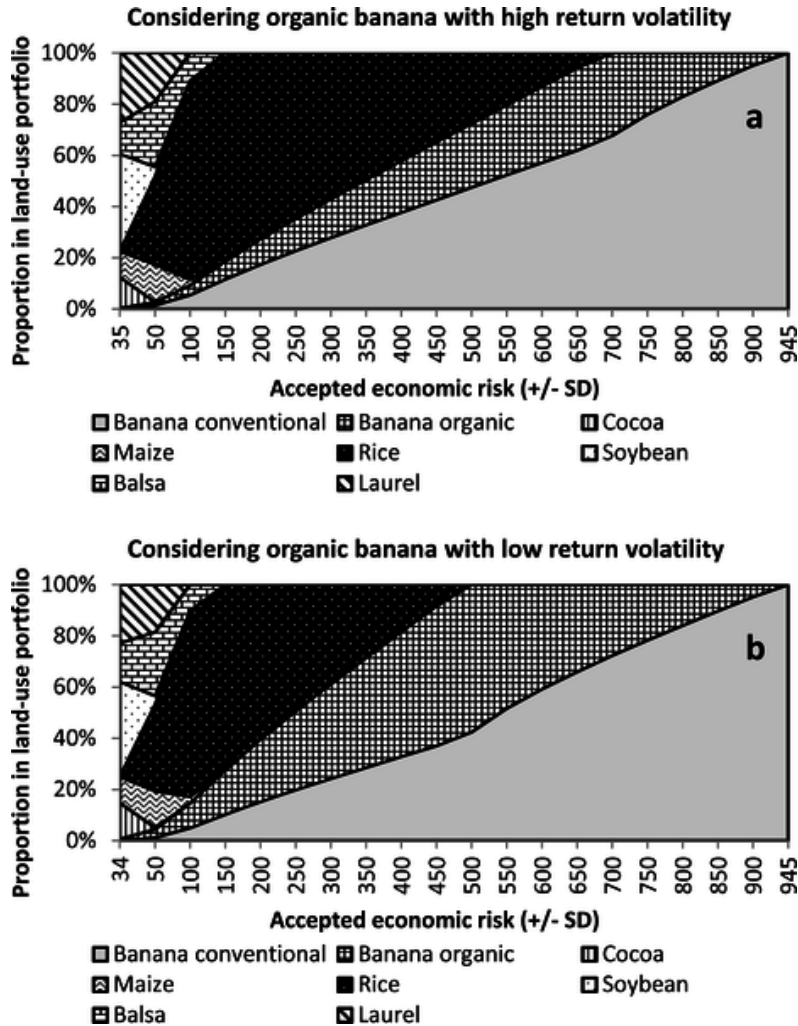


# Modelle zur Allokation von Land: Thünen





**Fig 6. Structural composition of various land-use portfolios for increasing levels of accepted economic risk when organic banana is included and has high (a) or low economic risks (b).**



Castro LM, Calvas B, Knoke T (2015) Ecuadorian Banana Farms Should Consider Organic Banana with Low Price Risks in Their Land-Use Portfolios. PLoS ONE 10(3): e0120384. doi:10.1371/journal.pone.0120384 <http://journals.plos.org/plosone/article?id=info:doi/10.1371/journal.pone.0120384>

Wie viel Land sollen wir welcher Option zuordnen, um verbesserte Niveaus für Ökosystemleistungen für **alle** Indikatoren zu erreichen?

## functions

Climate regulation (2 indicators)

Hydrological regulation (2 indicators)

Soil quality (7 indicators)

## Socio-economic benefits

Net present value (2 indicators)

Payback period (2 indicators)

Saraguro preference (2 indicators)

Mestizo preference for each land-use  
option (2 indicators)

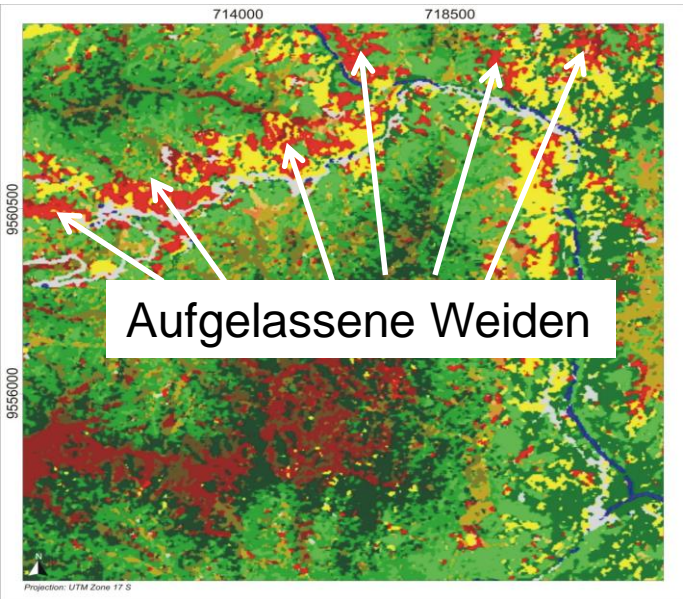
Normalized indicators:

$$P_{Li} = \frac{R_{Li} - R_{\min}}{R_{\max} - R_{\min}} \cdot 100$$

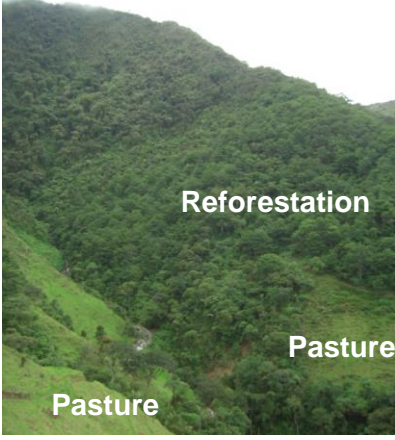
Example, carbon in planta ( $Mg\ ha^{-1}$ )

$$\frac{24.5 - 12.5}{33.0 - 12.5} \cdot 100 = 58\%$$

# Untersuchte Landnutzungsoptionen



- 1) **Referenz:** Aufgelassene Weide
- 2) **Alnus:** Aufforstung mit *Alnus acuminata*
- 3) **Pinus:** Aufforstung mit *Pinus patula*
- 4) **Low-input Weiden:** Wiederranlage von Weiden mit extensiver Bewirtschaftung
- 5) **Intensiv Weiden:** Wiederranlage von Weiden mit intensiver Bewirtschaftung (Düngung, chemische Regulation der Begleitflora)

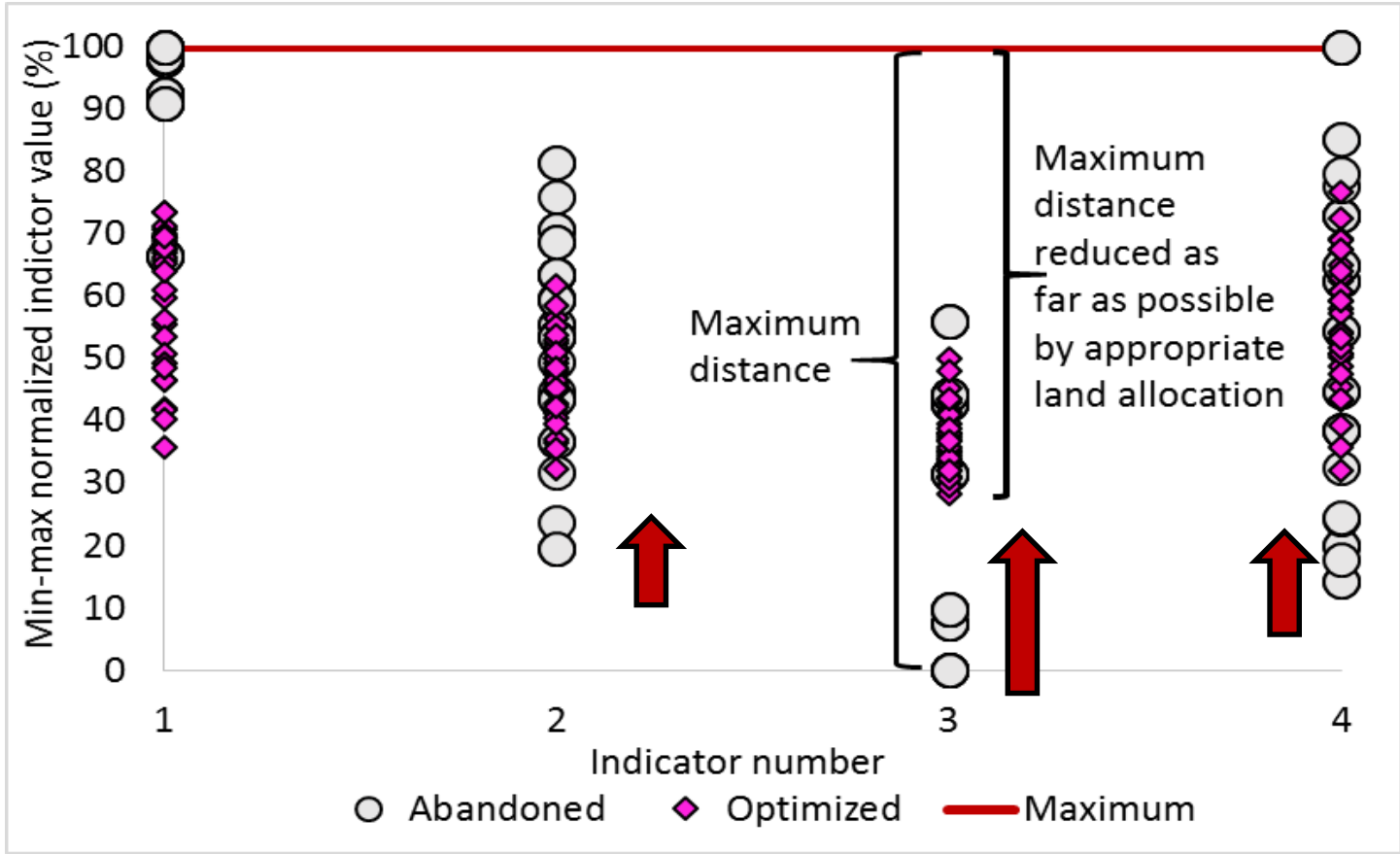


Roos et al. (2012-04-18)  
 Hohenheim: Conference  
 „Land Use and Rural  
 Development in Mountain  
 Areas“.

# Optimierung basiert auf flächengewichteten Indikatoren

$$R_{Liu} = \sum_{l \in L} R_{liu} \cdot a_l$$

Wir minimieren den maximalen Abstand

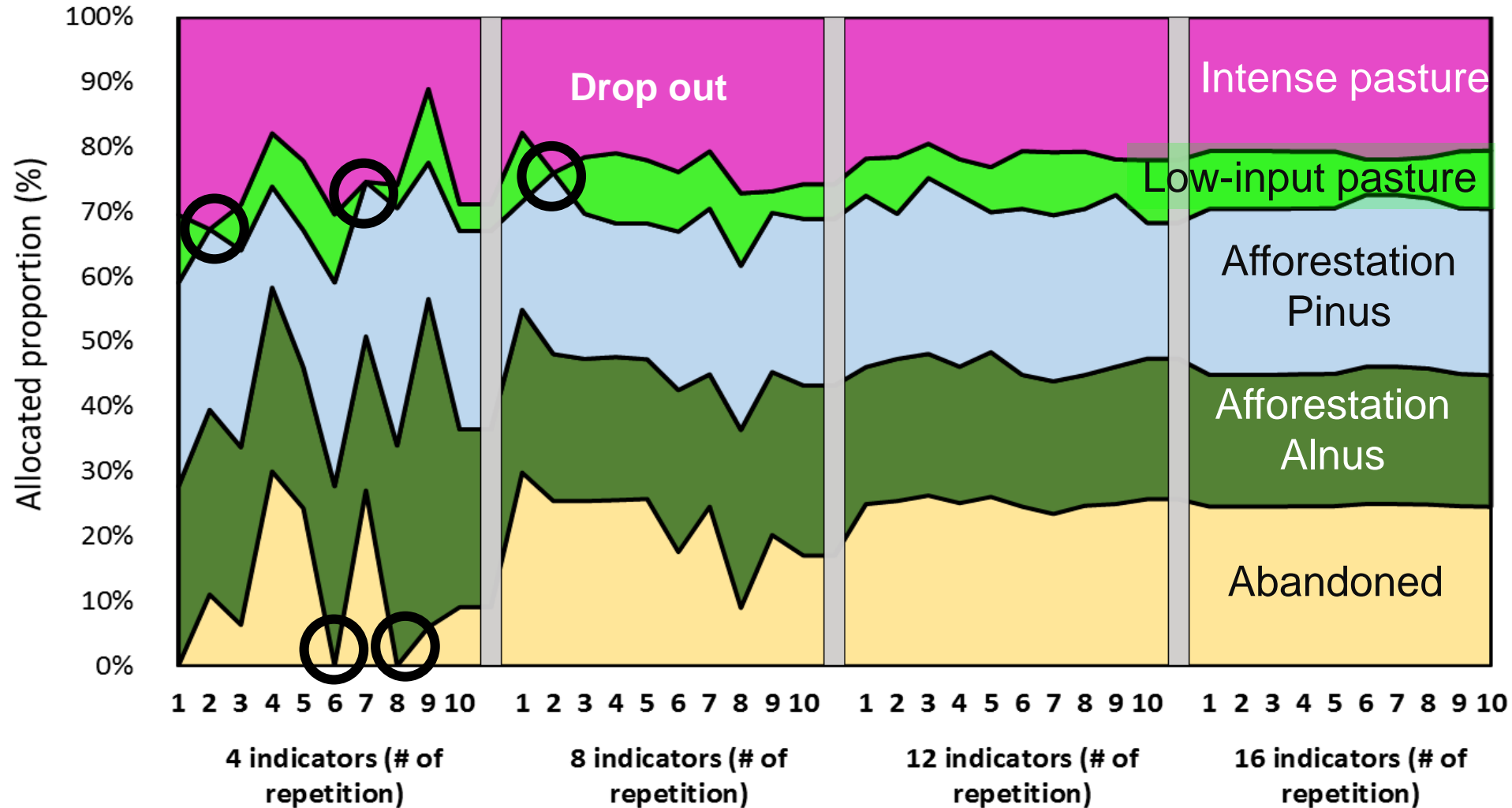


Knocke et al. (2016)  
Nature Communications 7: 11877

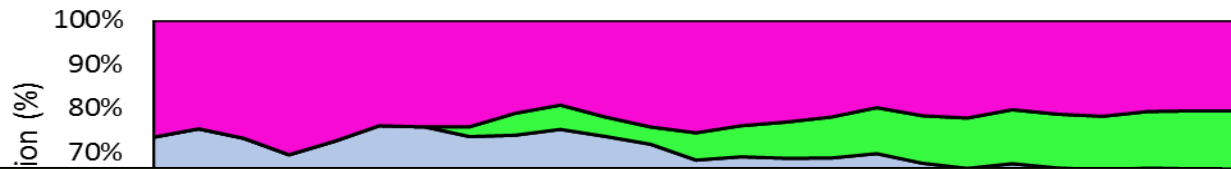
Variante des **Goal Programming**: Bagdon et al. (2016) *Ecological Modelling* **324**: 11–27; Chang et al. (1995) *J Env Manag* **44**: 144–161; Estrella et al. (2014) *Forests* **5**: 3222–3240; Eyvindson & Kangas (2015) *J Multi-Crit Decis Anal* **22**: 3–15.  
 Tamiz et al. (1998) *European Journal of Operational Research* **111**: 569-581.

# Einfluss der Multifunktionalität (Zufallsexperimente)

**Optimierte Landschaft (alle Indikatoren):**  
24% Abandoned – 21% Alnus – 25% Pinus –  
9% Low-input – 21% Intense pasture



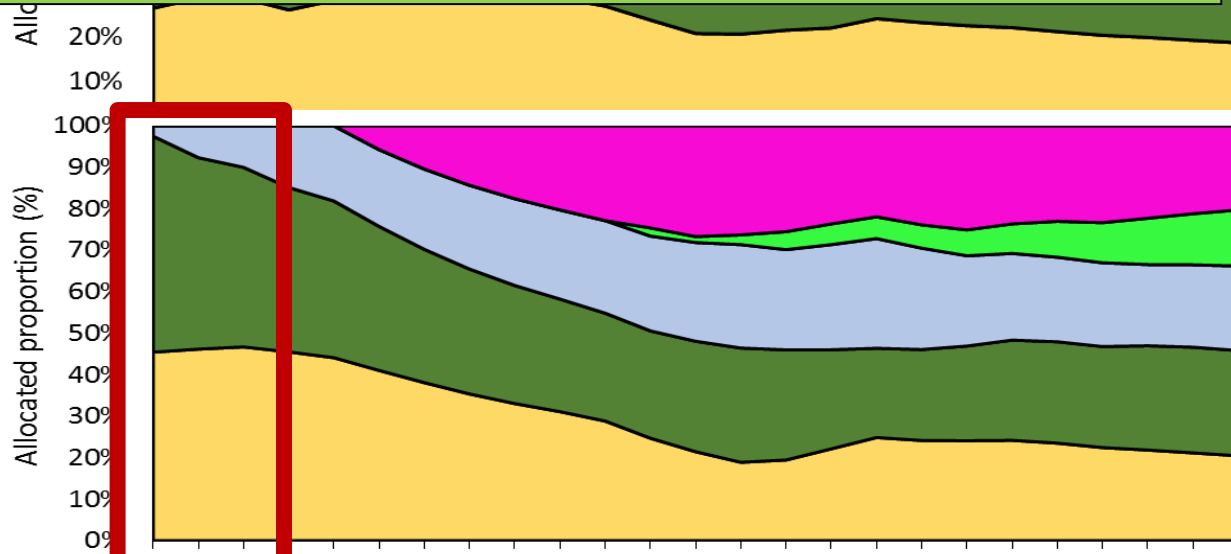
# Einfluss der Unsicherheit



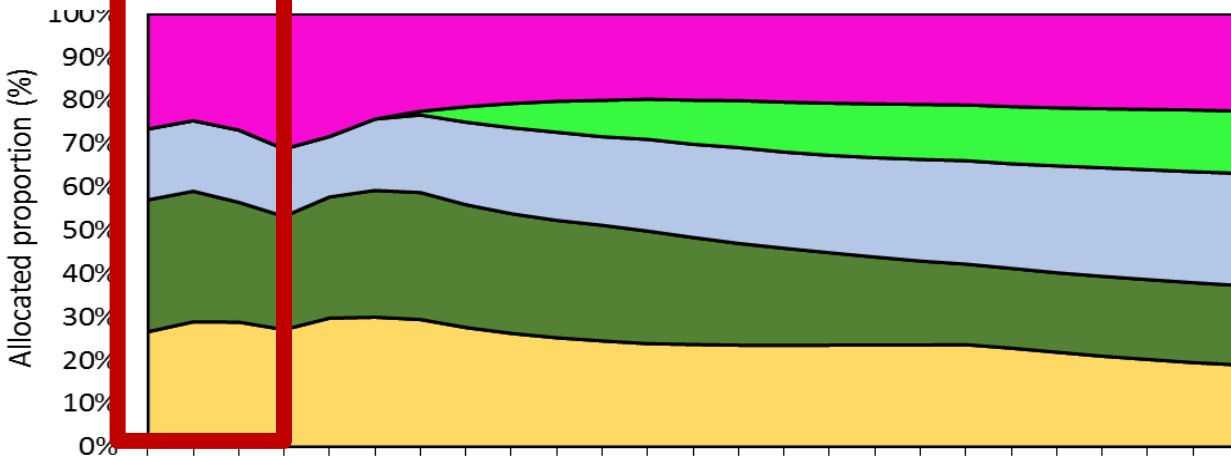
Bei korrelierten Indikatoren führt das Ignorieren der Unsicherheit zu spezialisierten Landschaften

## 2) Nur sozio-ökonomische Indikatoren: hoch korreliert

	NPV_5%	NPV_8%	Payback_5%	Payback_8%	Preference_Saguro_with_subsidy	Preference_Saguro_without_subsidy	Preference_Mestizo_with_subsidy	Preference_Mestizo_without_subsidy
NPV_5%	1	0,973	0,486	0,039	0,771	0,877	0,771	0,686
NPV_8%		1	0,27	-0,189	0,701	0,822	0,703	0,501
Payback_5%			1	0,878	0,551	0,534	0,823	0,964
Payback_8%				1	0,125	0,143	0,487	0,724
Preference_Saguro_with_subsidy					1	0,835	0,836	0,701
Preference_Saguro_without_subsidy						1	0,917	0,669
Preference_Mestizo_with_subsidy							1	0,908
Preference_Mestizo_without_subsidy								1



## 3) Nur ökologische Indikatoren: wenig korreliert



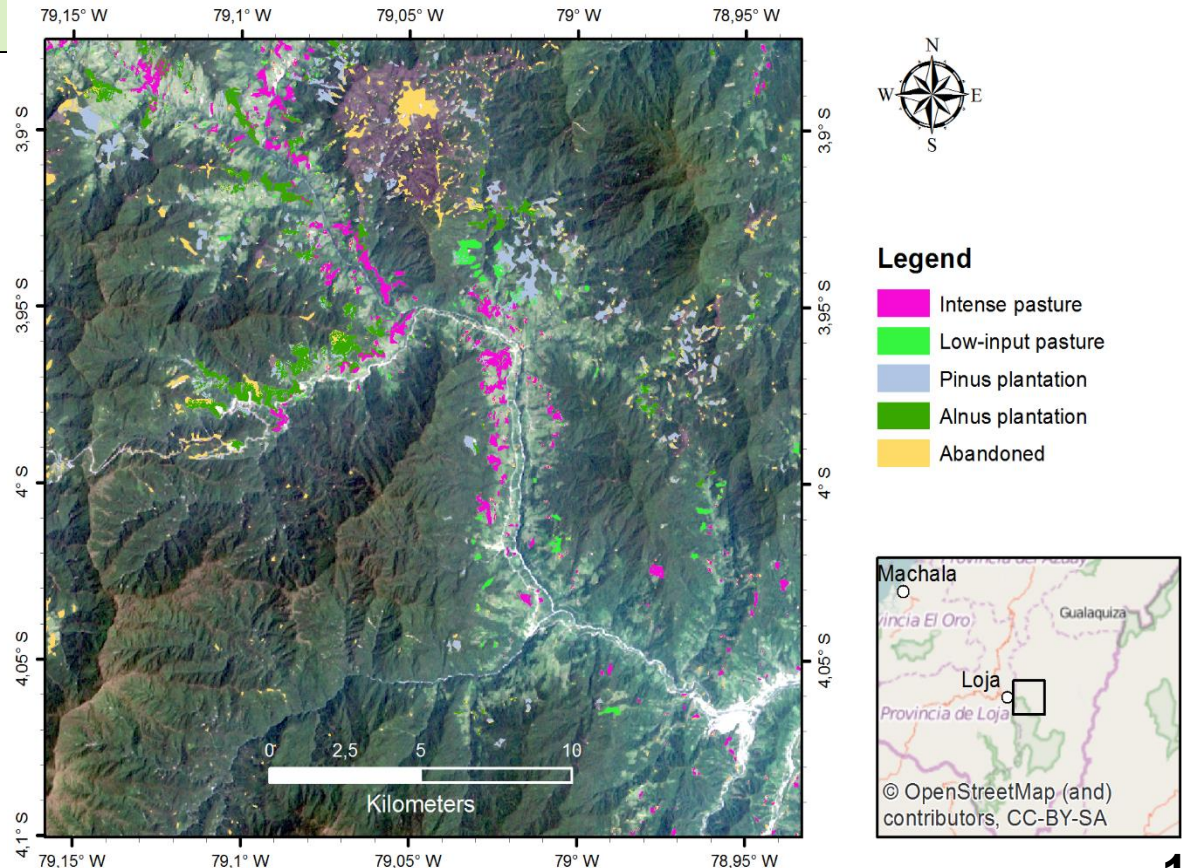
Zunehmende Unsicherheit ->> -14-

# Zusammenfassung/Folgerungen

Optimierung **multipler Ökosystemleistungen** -> ergibt diversifizierte Landschaften, wenn Indikatoren unkorreliert sind.

Beachtung von **Unsicherheiten** -> Diversifizierung auch bei korrelierten Indikatoren

Der neue Ansatz muss nun durch geeignete Methoden **räumlich explizit** gemacht werden.



# Fazit

Der neue Optimierungsansatz weist einige Vorteile auf:

1. Kompensationen zwischen Ökosystemleistungen werden unterbunden. So kann es nicht dazu kommen, dass eine hypothetisch sehr hohe Zahlungsbereitschaft (z.B. für Erholung) wichtige Regulierungs- oder Produktionsleistungen verdrängt.
2. Er führt zur Diversifikation der Landnutzung. Diese ist auch aus Sicht der faunistischen Diversität günstig. Vgl. Gámez-Virués et al. (2015) *Nature Communications* 6.
3. Es können prinzipiell alle Indikatoren integriert werden.
4. Die Ergebnisse sind sehr robust und berücksichtigen Unsicherheiten.



Eugene Odum

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/thumb/6/67/Eugene\\_Odum\\_by\\_James\\_Stawser.jpg/220px-Eugene\\_Odum\\_by\\_James\\_Stawser.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/thumb/6/67/Eugene_Odum_by_James_Stawser.jpg/220px-Eugene_Odum_by_James_Stawser.jpg)

