

# GIS- und geodatenbasierte Erfassung und Bewertung von Ökosystemdienstleistungen auf Mallorca

Angela HOF und Catharina MÜLLER

Geographisches Institut, Ruhr-Universität Bochum · angela.hof@rub.de

## Zusammenfassung

Der Beitrag zeigt auf, wie die Analyse von ausgewählten Ökosystemdienstleistungen mit flächendeckend verfügbaren digitalen Landnutzungs- und Geodaten operationell umgesetzt und ein intersubjektiv nachvollziehbares Bewertungsverfahren in GIS implementiert werden kann. Als Fallbeispiel dient die naturbezogene Erholungsfunktion der Landschaft, die zu den kulturellen Ökosystemdienstleistungen zählt und ein essenzieller Bestandteil des touristischen Potenzials der Baleareninsel Mallorca ist.

## 1 Einleitung und Fragestellung

### 1.1 Zum Begriff der Ökosystemdienstleistungen

Das Konzept der Ökosystemdienstleistungen (*ecosystem goods and services*) bietet einen fachübergreifenden Ansatz und gleichzeitig eine Systematik, die es ermöglicht, von Ökosystemen ausgehende Wohlfahrtswirkungen und Nutzenstiftungen für den Menschen zu erfassen und zu bewerten. Der Ökosystemdienstleistungsansatz ist ein anthropozentrisches Konzept, das dezidiert auf eine sozial-ökonomische Bewertung ökologischer Strukturen und Prozesse abzielt. Betont wird dabei, dass das Wissen um die sozialen Faktoren der Wertschätzung von Ökosystemprozessen und -funktionen genauso wichtig ist wie das Verständnis der ökologischen Zusammenhänge selbst (DE GROOT et al. 2010, HAINES-YOUNG & POTSCHIN 2010). Die Ermittlung und Bewertung von Ökosystemdienstleistungen verfolgt das Ziel, den menschlichen Nutzen zu erhalten und zu diesem Zweck entsprechende Planungs- und Steuerungsinstrumente zu nutzen oder zu schaffen. Ökosystemdienstleistungen werden in versorgende, kulturelle, regulierende und unterstützende Wohlfahrtswirkungen und Nutzenstiftungen für den Menschen unterteilt. Zu den kulturellen Ökosystemdienstleistungen zählt die Erholungsfunktion der Landschaft, die sowohl ästhetische Funktionen umfasst (Landschaftsbild) als auch Aspekte der Identitätsbildung und des kulturellen Erbes sowie bioklimatische Wirkungen (vgl. SCHENK 2002).

### 1.2 Bedeutung kultureller Ökosystemdienstleistungen für den Tourismus

Für viele Orte und Regionen, in denen Tourismus ein Wirtschaftsfaktor ist, spielt der Erhalt der kulturellen Ökosystemdienstleistungen eine große Rolle. Die Besonderheit des Tourismus besteht darin, dass Tourismus paradoxerweise gleichzeitig sozioökonomischen Nutzen

aber auch Probleme mit vielen Facetten verursacht – Tourismus basiert immer auf Ressourcen, die durch Tourismus selbst verändert, verbraucht, beansprucht und manchmal auch zerstört werden. Tourismus bewirkt Veränderungen und dabei zumeist Belastungen der Landschaft und des Naturhaushalts und weist im Extremfall Tendenzen auf, sich seiner ursprünglichen Grundlagen selbst zu berauben, was zum Niedergang touristischer Destinationen führen kann (vgl. STEINECKE 2011). Den monetären Wert der landschaftlichen Vielfalt der Insel Mallorca für den Massentourismus haben UmweltökonomInnen bereits dargestellt. Neben „Strand und Sonne“ als Hauptmotiv für Badetourismus an Küsten hat RIERA FONT (2000) nachgewiesen, dass naturbezogene Erholung in Wäldern und Schutzgebieten ein essenzieller Bestandteil des touristischen Potenzials der Baleareninsel Mallorca ist. Weiterführende Analysen haben untermauert, dass landschaftliche Vielfalt und die damit korrespondierende Landschaftskonfiguration wichtige touristische Ressourcen sind, woraus sich die Bedeutung eines ganzheitlichen Naturschutzes zum Wohle des künftigen Tourismus ableitet (BUJOSA BESTARD & RIERA FONT 2009).

### 1.3 Fragestellung und Zielsetzung

Im Vordergrund des Beitrags steht die Fragestellung, wie die Analyse von ausgewählten Ökosystemdienstleistungen mittels flächendeckend verfügbarer digitaler Landnutzungsdaten operationell umgesetzt werden kann. Bezogen auf die naturbezogene Erholungsfunktion der Landschaft hat SCHMITT (1999) ein Bewertungsverfahren vorgestellt, mit der die Landschaft Mallorcas im Hinblick auf die Sicherung von Naturschutz und Erholungsfunktion bewertet werden kann. Als Fallbeispiel dient die Analyse der Erholungsfunktion der Landschaft durch Umsetzung des Bewertungsverfahrens von SCHMITT (1999) in GIS mit Digitalen Höhenmodelldaten, Biotoptypenkartierungen und CORINE Land Cover Daten. Neben Oberflächenanalysen werden Landschaftsstrukturmaße zur Erfassung der Bewertungskriterien eingesetzt und die Veränderung des Erholungswerts der Landschaft durch urban-touristische Transformation wird anhand der CORINE Land Cover Daten über die Zeitscheiben 1990, 2000 und 2006 betrachtet. Die operationelle Implementierung des Analyseverfahrens in GIS wird für einen Raumausschnitt im Südwesten der Insel umgesetzt und kann später für eine Analyse der Erholungsfunktion der gesamten Insel eingesetzt werden.

## 2 Material und Methoden

Die naturbezogene Erholungsfunktion der Landschaft, die nach BUJOSA BESTARD & RIERA FONT (2009), RIERA FONT (2000) und SCHMITT (1999) im Vordergrund der Betrachtung steht, bezieht sich auf landschaftsbezogene Aktivitäten wie Baden und Spazierengehen am Meer und in den Dünen, Naturbeobachtung und Landschaftserlebnis, Sport, Picknicken, Ausruhen und motorisierte Landschaftserkundung wie Motorradfahren. Als Bewertungskriterien werden die Reliefausprägung, die landschaftliche Vielfalt und die Landnutzung erfasst und in einem multikriteriellen Bewertungsverfahren logisch zu einem Erholungswert verknüpft. Die Synthese der Ergebnisse aus der Kriterienbewertung erfolgt in Form eines Entscheidungsbaums (Dendrogramm) und ergibt eine dreistufige Abgrenzung der Wertkategorien: hoch, mittel und gering (SCHMITT 1999). Die Operationalisierung der Bewertungskriterien durch Geodaten und Raumanalyse sowie die Umsetzung des multikriteriellen Bewertungsverfahrens in GIS werden im Folgenden beschrieben.

## 2.1 Geodaten für die Erfassung und Bewertung der naturbezogenen Erholungsfunktion der Landschaft

Die Anwendung des Bewertungsverfahrens basiert einerseits auf großmaßstäbigen Biotopkartierungen (1:5.000 bis 1:2.000), mit denen die ökologische Landschaftsanalyse ausgewählter Raumeinheiten Mallorcas für die massentouristische Expansionsphase herausgearbeitet wurde (SCHMITT 1999) und die durch nachfolgende Kartierungen (MICHEL 2011) für ein großmaßstäbiges Langzeitmonitoring ergänzt wurden (zum Standardbiotopverzeichnis für Mallorca und zur Bewertungsmethodik vgl. SCHMITT 1999). Andererseits basiert die Anwendung des Bewertungsverfahrens für den Erholungswert der Landschaft auf CORINE Land Cover Daten, die wie die Biotoptypen auch den übergeordneten, zur Evaluierung ausgegliederten Landnutzungstypen zugeordnet werden können. Aus Biotopkartierungen und CORINE Land Cover Daten werden die Geodaten zum Kriterium „Landnutzung“ abgeleitet. Analysen zur Erfassung der Merkmalsausprägungen zum Kriterium „Reliefausprägung“ werden mit den Oberflächenwerkzeugen in ArcGIS vorgenommen, um Informationen zur Reliefausprägung der Landschaft aus den digitalen Höhenmodellendaten des Global Digital Elevation Model (GDEM) der ASTER Satellitenmission (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) mit einer geometrischen Auflösung von 15m abzuleiten.

## 2.2 Erfassung des Kriteriums „Landnutzung“ durch Integration von Biotopkartierungen und CORINE Land Cover Daten

Da die durchgeführte Inventarisierung der Biotoptypen vom Untersuchungsgebiet als Basisdaten zur Analyse des Erholungswertes zugrunde liegt, müssen diese in die 2006 aufgenommene Bodenbedeckungsdaten des CORINE Land Cover (CLC)-Projekts der Europäischen Union (EEA 2012) integriert werden.

Bei der Erfassung des Kriteriums „Landnutzung“ ist es nötig, auf das Standardbiotopartenverzeichnis der Kartierung zurückzugreifen. Die Zuweisung der Landnutzungswerte der Biotopkartierung sowie der CORINE Land Cover Daten zu den Wertstufen „hoch“, „mittel“, „gering“ erfolgt manuell in den jeweiligen Kartierungsschlüsseln auf Basis der von SCHMITT (1999) erstellten Grundwerte (vgl. SCHMITT 1999, Tab. 5.6, S. 209). Um beide Datengrundlagen in die Analyse mit einfließen zu lassen, muss die Biotoptypenkartierung räumlich auf den CLC-Datensatz angepasst werden. Hierzu werden in ArcGIS beide Datensätze miteinander verschnitten. Aufgrund der Zusammenführung, weisen einige CLC Flächen doppelte Landnutzungswerte der Biotoptypenkartierung auf. Um dem entgegenzuwirken, wird der jeweilige Flächenanteil des Standardbiotopstyps an der CLC Fläche errechnet. Die Zuteilung des Landnutzungswertes für die Biotoptypenkartierung ergibt sich über den jeweiligen „Landnutzungswert“, der den meisten Flächenanteil an dem entsprechenden CLC Polygon besitzt. Wie auch bei der Ermittlung des Erholungswertes handelt es sich um ordinal skalierte Daten, bei denen die Berechnung des arithmetischen Mittels bei der Auswertung der Daten nicht sinnvoll ist (LANG & BLASCHKE 2007). Aufgrund dessen werden mithilfe einer Entscheidungsmatrix, die die Werte „hoch“, „mittel“, „gering“ enthält, die Landnutzungswerte der CLC-Daten und der Biotoptypenkartierung logisch verknüpft. Dies erfolgt über ein im „Field Calculator“ implementiertes Pre-Logic VB-Skript, das jede mögliche logische Verknüpfung enthält. Dadurch werden beide Werte gleichgewichtet in die Ermittlung des Landnutzungswertes einbezogen.

### 2.3 Erfassung des Kriteriums „Reliefausprägung“ mit Spatial Analyst

Das Kriterium „Reliefausprägung“ wird durch drei Teilwerte bestimmt. Der erste Teilwert wird durch den manuell zugewiesenen Grundwert der Reliefausprägung (vgl. SCHMITT 1999, Tab. 5.4, S. 206) gebildet. Dieser Grundwert richtet sich nach dem Potenzial der Landschaftseinheit, welches sie für die Aktivitäten der Erholungssuchenden hat. Als zweiter Teilwert wird die Reliefenergie einer Raumeinheit auf Basis des digitalen ASTER-Höhenmodells (NASA LP DAAC & U.S. GEOLOGICAL SURVEY 2009) mit der ArcGIS -Erweiterung Spatial-Analyst berechnet. Dabei wird die Neigung der Oberfläche in Grad für jede Rasterzelle ermittelt und den folgenden Klassen zugewiesen:

- Hoch = 0-5°
- Mittel = > 20°
- Gering = 5-20°

Es wird nicht davon ausgegangen, dass eine hohe Reliefenergie mit einem hohen Erholungswert einhergeht. Dünengebiete weisen zum Beispiel eine geringere Reliefenergie auf, sind jedoch für Erholungssuchende von hoher Attraktivität. Um präzise Aussagen über die Reliefenergie einer Raumeinheit treffen zu können, wurde eine Methode entwickelt, die es ermöglicht, den am prozentual häufigsten auftretenden Wert der Neigungsklasse der Pixel innerhalb einer Raumeinheit auf die gesamte Landschaftseinheit zu übertragen. Zudem muss für eine weitere Analyse die Heterogenität bzw. Homogenität der Neigung innerhalb einer Raumeinheit berücksichtigt werden, welche den dritten Teilwert der Reliefausprägung darstellt. Dazu dient eine weitere Berechnung, die Verteilung der Reliefenergie einer Landschaftseinheit untersucht. Auch hier erfolgt eine Einteilung der Endwerte in die Klassen „hoch“ (< 33 %); „mittel“ (33 % < 66 %); „gering“ (> 66 %).

Die Zuweisung des Endwertes des Kriteriums „Reliefausprägung“ wird durch ein implementiertes Dendrogramm im „Field Calculator“ vollzogen.

### 2.4 Umsetzung des Bewertungsverfahrens in ArcGIS

Um den endgültigen landschaftsbezogenen Erholungswert in ArcGIS zu ermitteln, müssen alle Teilwerte der Kriterien zu einem Endwert zusammengefügt werden. Jedes Kriterium wird mit einer dreistufigen Ordinalskala „hoch“ „mittel“ „gering“ bewertet. In den Endwert fließen alle drei Kriterien gleichgewichtet mit ein. Wie schon bei der Ermittlung der Teilwerte der Kriterien „Landnutzung“ sowie „Reliefausprägung“ wird auch hier auf ein angepasstes implementiertes VB-Skript zurückgegriffen.

### 2.5 Multitemporale Analyse

Für die multitemporale Analyse wird die oben beschriebene Methodik auf die Aufnahmeintervalle der CLC-Daten übertragen und ein Vergleich bezüglich der Veränderung im Hinblick auf den Erholungswert vorgenommen. Die Veränderung des Erholungswerts der Landschaft durch urban-touristische Transformation wird anhand der CORINE Land Cover Daten über die Zeitscheiben 1990, 2000 und 2006 betrachtet. Dabei stehen folgende Fragestellungen im Vordergrund:

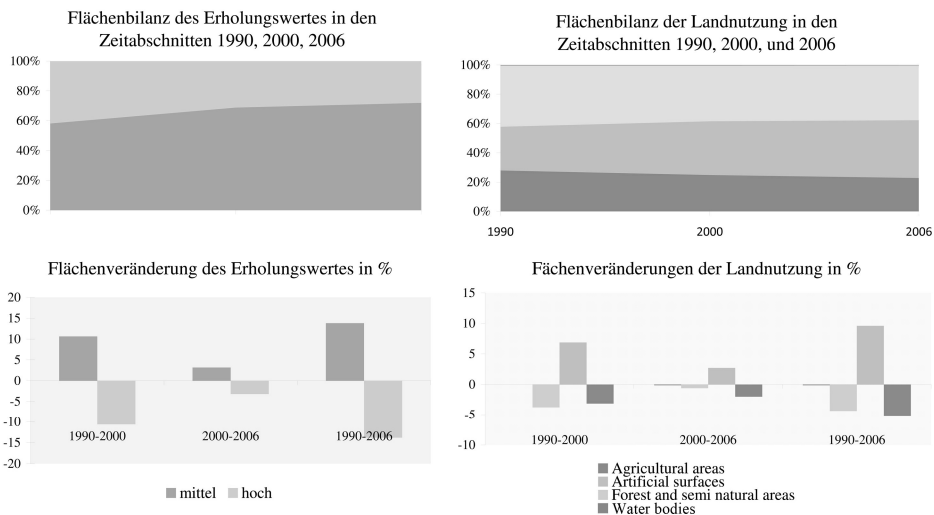
- *Raummuster* des Erholungswerts der Landschaft;
- *Flächenbilanz* bezogen auf hohen, mittleren oder geringen Erholungswert;

- *Zeitliche Dynamik* und Wechselwirkungen zwischen urban-touristischer Flächenentwicklung und dem Erholungswert der Landschaft.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Einen mittleren bis hohen Erholungswert weisen die Sandstrände und Steilküstenabschnitte, Waldkomplexe sowie reich strukturierte Agrarflächen auf. Insgesamt nimmt der mittlere Erholungswert einen Flächenanteil bis zu 70 % ein. Intensiv genutzte Agrarflächen und Offenlandflächen, die sich überwiegend aus stark anthropogen überformten Ruderalstandorten zusammensetzen, sind von geringer Erholungseignung. Es fällt auf, dass der geringe Erholungswert bei der multitemporalen Analyse der CLC-Daten nicht vertreten ist. Zurückzuführen ist dies auf die kleinmaßstäbigere Kartierung der CORINE Land Cover Daten. Bei der Betrachtung der zeitlichen Entwicklung wird deutlich, dass die städtisch geprägten Gebiete um 7 % gewachsen sind, zulasten des potenziellen Erholungsraums für Touristen, welcher um 14 % im Zeitraum von 1990 – 2006 schrumpfte. Gleichzeitig wird eine Verschiebung von einem hohen zu einem mittleren Erholungswert um 14 % verzeichnet (Abb.1).

Weitere Auswertungsschritte bestehen in der Erfassung des Kriteriums „Grenzlinieneffekt“ und der landschaftlichen Vielfalt mit Landschaftsstrukturmaßen. Insgesamt hat sich die Umsetzung des Bewertungsverfahrens in GIS als operationelle Methode für die Erfassung und Bewertung kultureller Ökosystemdienstleistungen erwiesen.



**Abb. 1:** Vergleich der Flächenbilanz des Erholungswertes und der Entwicklung von urban-touristisch geprägten Räumen im Untersuchungsgebiet (Quelle: eigene Darstellung)

## Literatur

- BUJOSA BESTARD, A. & RIERA FONT, A. (2009), Environmental diversity in recreational choice modelling. *Ecological Economics*, 68 (11), 2743-2750.
- DE GROOT, R.S., ALKEMADE, R., BRAAT, L., HEIN, L. & WILLEMEN, L. (2010), Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*, 7 (3), 260-272.
- EEA – EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (Hrsg.) (2012), Corine Land Cover (1990, 2000, 2006) raster data. Copenhagen: European Environment Agency.  
<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps> (09.12.2013).
- HAINES-YOUNG, R. & POTSCHIN, M. (2010), The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. In: RAFFAELLI, D. G. & FRID, C. L. J. (Eds.), *Ecosystem ecology. A new synthesis*. Cambridge, New York, 110-139.
- LANG, S. & BLASCHKE, T. (2007), *Landschaftsanalyse mit GIS*. Stuttgart.
- MICHEL, E. (2011), GIS-gestützte Habitat- und Landschaftsstrukturanalyse am Beispiel der maurischen Landschildkröte in der Gemeinde Calvià/ Mallorca. Unveröffentlichte M. Sc. Arbeit. Ruhr-Universität Bochum, Bochum. Geographisches Institut.
- NASA LP DAAC, U. S. GEOLOGICAL SURVEY (2009), METI/NASA ASTER Global Digital Elevation Model V002.  
[http://gcmd.gsfc.nasa.gov/KeywordSearch/Metadata.do?Portal=GCMD&MetadataType=0&MetadataView=Full&KeywordPath=&EntryId=\[GCMD\]ASTGTM2](http://gcmd.gsfc.nasa.gov/KeywordSearch/Metadata.do?Portal=GCMD&MetadataType=0&MetadataView=Full&KeywordPath=&EntryId=[GCMD]ASTGTM2) (31.01.2014).
- RIERA FONT, A. (2000), Mass Tourism and the Demand for Protected Natural Areas: A Travel Cost Approach. *Journal of Environmental Economics and Management*, 39 (1), 97-116.
- SCHENK, W. (2002), „Landschaft“ und „Kulturlandschaft“. „Getönte“ Leitbegriffe für aktuelle Konzepte geographischer Forschung und räumlicher Planung. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 146 (6), 6-13.
- SCHMITT, T. (1999), *Ökologische Landschaftsanalyse und -bewertung in ausgewählten Raumeinheiten Mallorcas als Grundlage einer umweltverträglichen Tourismusentwicklung*. Franz Steiner Verlag, Stuttgart (Erdwissenschaftliche Forschung, 37).
- STEINECKE, A. (2011), *Tourismus*. 2. Auflage. Braunschweig.