

## Eine Methode zur Herleitung und räumlichen Differenzierung von Umweltqualitätszielen - unterstützt durch den Einsatz eines Geographischen Informationssystems

Heribert F. Kerner, Johann G. Köppel und Lutz Spandau

### Synopsis

In recent years, there has been an ever-increasing development of methodical techniques for the treatment of impacts on nature and landscape, and for environmental impact assessment. The requirements of practically-orientated research for the implementation of environmental quality aims have in turn become correspondingly greater. The entry of the MAB-6-Project "Ecosystem Research Berchtesgaden" into its final synthesis phase (1989-1990) took place in this changing situation of environmental politics. In this synthesis phase, it was attempted to make the integration of such a valuation reference methodologically feasible.

In this paper, the application of functional vegetation parameters for the derivation of environmental quality aims in a "bottom up" approach is described using examples. A Geographic Information System (GIS) was applied for the spatial differentiation of the derived environmental quality aims. An essential aspect is the attempt to examine more closely the contribution of these aims to the effective ecosystem functioning, and to promote their consideration as objects of overall resource goals. Conflicting priorities within a wide spectrum of species and biotope conservation aims are thereby in some cases unavoidable. In addition to the above engagement with the functional characteristics of a resource, the overall interaction of abiotic and biotic components of the natural cycles in ecosystem complexes must also be considered. Such interaction is an object of study in the ecological balance model developed in the "Ecosystem Research Berchtesgaden" Project. The land use pattern can be balanced in a simulation for the evaluation and implementation of environmental quality aims.

*Geographic Information System (GIS), environmental quality aims, ecosystem research*

### **0. Einleitung "Ökosystemforschung Berchtesgaden"**

Mit zunehmender Entwicklung der methodischen Instrumentarien zur Behandlung von Eingriffen in Natur und Landschaft, zur Umweltverträglichkeitsprüfung sowie zur Ableitung von ökologischen Leitbildern stiegen der Bedarf und die Anforderungen für eine umsetzungsorientierte Forschung zur Handhabung von Umweltqualitätszielen. Zur Abarbeitung dieses Bedarfs sollte auch das Vorhaben "Ökosystemforschung Berchtesgaden", das seit 1982 im Rahmen des Umweltforschungsplans vom Umweltbundesamt im Auftrag des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gefördert wird, einen Beitrag leisten.

Die folgenden Ausführungen basieren auf Auswertungen dieses Forschungsvorhabens, das hier in aller Kürze vorgestellt werden soll. Das Vorhaben wurde in drei Phasen untergliedert, die als Vorphase (1982-1983), Erhebungsphase (1984-1988) und Synthesephase (1989-1991) bezeichnet werden.

In der Vorphase wurden die genauen Abgrenzungen des Untersuchungsgebietes und der Testgebiete festgelegt, die vorhandenen Forschungsergebnisse gesichtet, die Forschungsfragen formuliert und der zu ihrer Beantwortung notwendige Datenbedarf mit den zu beteiligenden Fachbereichen erarbeitet. In der Erhebungsphase wurden von diesen Fachbereichen sowohl naturwis-

wissenschaftlich als auch gesellschaftswissenschaftlich orientierte Datenerhebungen durchgeführt. Sowohl bei der Auswahl der Daten als auch bei der Festlegung allgemeiner Rahmenbedingungen für die Durchführung und Dokumentation der Untersuchungen wurde die Synthesefähigkeit der Daten, die ausschlaggebend für das Gelingen interdisziplinärer Forschung ist, in den Vordergrund gestellt.

Neben der Datenerhebung der Fachbereiche waren die Detaillierung der methodisch-theoretischen Konzeption, die Erarbeitung thematischer Fallstudien zum Methodentest (HABER 1988, SPANDAU 1988, KERNER & al. 1990) sowie die Erstellung und Dokumentation der Datenbasis Gegenstand dieser Phasen.

Der Eintritt der "Ökosystemforschung Berchtesgaden" in die abschließende Synthesephase stand unter veränderten umweltpolitischen Rahmenbedingungen, da - wie oben erläutert - Methoden zur Handhabung von Umweltqualitätszielen gefordert wurden. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf eine in der Synthesephase erarbeitete Fallstudie über die Operationalisierung von Umweltqualitätszielen.

## 1. Datenmodell

Der Ansatz, wie er im Projekt "Ökosystemforschung Berchtesgaden" verfolgt wurde, ist ein Versuch, die Betrachtung von Ökosystemen auf höhere Organisationsebenen auszudehnen, also insbesondere auf Ökosystemkomplexe (Landschaften) sowie Mensch-Umwelt-Systeme mit ihren sozioökonomischen und politischen Funktionen (HABER 1990). Zur modellhaften Abbildung einer solch weitgefaßten Maßstäblichkeit wurde eine Methode zugrundegelegt, die unterschiedliche Niveaus der Datendichte und - analog - verschiedene Betrachtungsebenen unterscheidet ("hierarchische Systemmethode", TOBIAS 1990).

Dabei wurde u. a. versucht, die Resultate punktuell quantifizierender Grundlagenuntersuchungen (gewonnen in Ökosystemen vor Ort) zu aggregieren, um sie für die Betrachtung von Ökosystemkomplexen (also der Landschaft) verfügbar zu machen. Im Rahmen des Projekts wurde auf dieser "räumlichen Ebene" ein Geographisches Informationssystem (GIS) für deskriptive Statistik, Überlagerungen, Input-Output-Analysen von Ökosystemen sowie zeitpunktbezogene Bilanzierungsrechnungen des betrachteten Landschaftsausschnitts eingesetzt. Dieses GIS (Software ARC/INFO, vgl. SCHALLER 1989) wurde für den gesamten Nationalpark Berchtesgaden und sein Vorfeld im Maßstab 1:10.000 aufgebaut. Die Abgrenzung von Ökosystemen in einem Gradienten der Nutzungsintensität führte zur Ausscheidung von Landnutzungseinheiten (Realnutzungstypen), vom Siedlungsbereich in den Tälern über Almen und Wald- und Forstgesellschaften verschiedener Naturnähe bis hin zur subalpinen und alpinen Stufe. Diese Kartierung wurde zusammen mit den Sachdaten zu den Realnutzungstypen automatisiert und in eine verknüpfte Auswertungsgeometrie integriert (HABER & al. 1990). Die von den Fachbereichen gemäß den Anforderungen eines interdisziplinären Datenkatalogs erarbeiteten und den räumlichen Bezugseinheiten zugeordneten Daten wurden in Form von sog. "Merkmalsdateien" als Tabellen abgestufter Informationsdichte gehalten (vgl. Tab. 1).

Über die in Tab. 1 exemplarisch ersichtlichen Informationen hinaus vereinigt diese interdisziplinär angelegte Merkmalstabelle eine Vielzahl weiterer Informationen anderer Fachbereiche (bis hin zu technischen oder sozioökonomischen Parametern, s. Abschnitt 0) zu ein- und denselben räumlichen Bezugseinheiten, eben den o. a. Realnutzungstypen.

Die Betrachtung ganzer Ökosystemkomplexe (Landschaften) fordert jedoch ihren Preis (HABER 1990): So wird verständlich, daß neben klassischen Untersuchungsformen vor Ort und im Labor und der statistischen Absicherung der Resultate vielfach ergänzende Formen der Datenerhebung gewählt werden mußten (reine Literaturauswertungen, Inter- und Extrapolationen, Experteneinschätzungen, etc.). Dies bedeutet also, daß es sich in weiten Bereichen um eine Sekundärdatenbasis handelt, zu deren Darstellung u. a. Abstrahierungen vorgenommen werden mußten. Wesentliches und hochgestecktes Ziel eines solchen Ansatzes war es, in einem Balanceakt zwischen holistischer und reduktionistischer Vorgehensweise **das Ganze** funktional zu erfassen, ohne De-

tails zu vernachlässigen und umgekehrt (HABER 1990); zur Kritik einiger Aspekte eines solchen Ansatzes z. B. bei TREPL (1989) oder BRÖRING & WIEGLEB (1990).

Mit das wichtigste in diesem Datenmodell ist daher, wegen der Heterogenität der Datensätze und ihrer Erhebungsarten, die Dokumentation der Datenqualität (vgl. Tab. 1). Modellvorstellungen wiederum benötigen Validierungsmöglichkeiten, die direkt aufgezeigt oder - wenn sie nur mittel- oder langfristig realisierbar erscheinen - zumindest benannt werden müssen. Validierungen, die über die nicht unerhebliche Datenerhebung im Projekt selbst (HABER & al. 1990) hinausgehen, sind bereits ansatzweise begonnen worden (z. B. KÖPPEL 1990), im übrigen jedoch Langzeitaufgabe der Forschung und Umweltbeobachtung im Nationalpark (SPANDAU & al. 1990). Im Vordergrund stand stets die Methodenentwicklung für die "angewandte Ökosystemforschung", keineswegs jedoch die Erlangung eines möglichst abgesicherten Spektrums an Grundlagendaten.

Tab. 1: Ausschnitt aus der ausgefüllten Nutzungstabelle

| CODE-NR. |     | VARIABLE UNPRODUKTIVE VERDUNSTUNG (INTER)                |        |               |
|----------|-----|--|--------|---------------|
| NEU      | ALT | Variablennummer  | 211008 | Erhebungsart  |
|          |     | Variablenkürzel  | INTER  |               |
|          |     | Dimension  | %NG    | Datenqualität |
|          |     | Verweis auf Fachtab                                      |        |               |
|          |     |  |        |               |
| 01...    |     | VEGETATION UND STANDORTE OBERHALB DER ALPINEN WALDGRENZE |        |               |
| 01010    | 124 | Gletscher, ewiger Schnee                                 |        |               |
| 01020    | 001 | Fels, Karrenfelder                                       | 5      | LIT 3         |
| 01021    | 002 | Fels m. alpinen Rasengesellschaften                      | 15     | INT 2         |
| 01022    | 003 | Fels m. einzelnen Latschengruppen                        | 15     | INT 2         |
| 01023    | 004 | Fels m. einzelnen Bäumen                                 | 5      | INT 2         |
| 01030    | 005 | Gesteinsschutt   | 5      | LIT 3         |
| 01031    | 014 | Gesteinsschuttfluren                                     | 15     | LIT 3         |
| 01032    | 015 | Gesteinsschutt m. einzelnen Latschengruppen              | 15     | INT 3         |
| 01040    | 006 | Alpine Rasen   | 15     | LIT 4         |
| 01050    | 010 | Latschengebüsch  | 20     | LIT 4         |
| 01051    | 011 | Mosaik aus Latschen und alpinen Rasen                    | 20     | INT 3         |

LIT = Literaturswertung  
INT = Interpolation

KÖPPEL 10/85

## 2. Ökosystemare Herleitung und räumliche Differenzierung von Umweltqualitätszielen

Umweltqualitätsziele werden i. d. R. verstanden als " ... politisch definierte Ziele über zu erreichende Niveaus der Umweltgüte, .... Umweltqualitätsziele werden über Umweltqualitätsstandards operationalisiert, also in meßbare Indikatoren und zugeordnete Wertenniveaus umgesetzt ..." (FÜRST 1990, S. 73). Die Indikatorbestimmung unterliegt dabei zunächst naturgesetzlich-wissenschaftlichen Sachverhalten, das anzustrebende Wertenniveau muß aber aufgrund ethischer Normen und politischer Leitbilder festgelegt werden. In der "Ökosystemforschung Berchtesgaden" wurde versucht, solche Wertungsbezüge methodisch zu integrieren - über die bloße Analyse der untersuchten Ökosysteme hinaus (KERNER & al. 1990). Das erarbeitete Datenmodell bietet die Basis für das erforderliche Indikatorensystem. Zur räumlichen Differenzierung abgeleiteter Umweltqualitätsziele wird dabei auf das eingangs erläuterte Geographische Informationssystem zurückgegriffen.

Aufgrund des eindeutig definierten Raumbezugs der Ausprägungen des Datenmodells läßt sich das vorliegende Nutzungsmuster mit Hilfe des GIS hinsichtlich seiner Umweltqualitätsziel-Erfüllungsgrade beschreiben und in Form von "Handlungsanweisungen" bewerten: Welche Strategien sollen zur Umsetzung des übergeordneten Umweltqualitätsziels verfolgt werden? Die Operationalisierung dieser Zielsetzung als regional handhabbarer Umweltqualitätsstandard wird erreicht, indem Flächenanteile mit Werthaltungen belegter Ökosystemtypen am Nutzungsmuster des betrachteten Landschaftsausschnitts gekennzeichnet werden. Das Resultat dieser Bewertungen ergibt den Erfüllungsgrad; im Sinne der Zielsetzung positiv bewertete Flächen gelten als unbedingt schützenswert, während für negativ bewertete Nutzungstypen geeignete Umwandlungsstrategien definiert werden.

In Abb. 1 wird dies als Ausgabe aus dem Geographischen Informationssystem exemplarisch für einen Aspekt des Funktionsbereichs der quantitativen Wasserbilanz aufgezeigt. Als Zieldefinition formuliert wurde in diesem Falle der Anspruch, zu einer möglichst hohen Tiefenversickerung (Grundwasserneubildung) zu gelangen - bei gleichzeitiger Bremsung (Reduktion) unerwünschten Oberflächenabflusses (Bodenabtragsgefahr im Hochgebirge).

Das verfügbare Datenmodell gliedert sich auf einer übergeordneten Ebene in ökosystemare Funktionen, wobei der zugrundeliegende komplette Variablensatz des Modells die Basis bildet. Dort muß zunächst eine Auswahl geeigneter Indikatoren zur Abbildung des angestrebten Umweltqualitätsziels gefunden werden, wobei sich der Auswahlvorgang allein schon aufgrund teilweise nicht veränderbarer Variablen (zur Geologie, zum Gebietsniederschlag, etc.) einschränkt. Veränderbare Variablen sind oftmals der Ressource Vegetation zuzuschreiben, nicht zuletzt wegen ihrer engen Korrelation mit jeglichen Formen des Nutzungswandels.

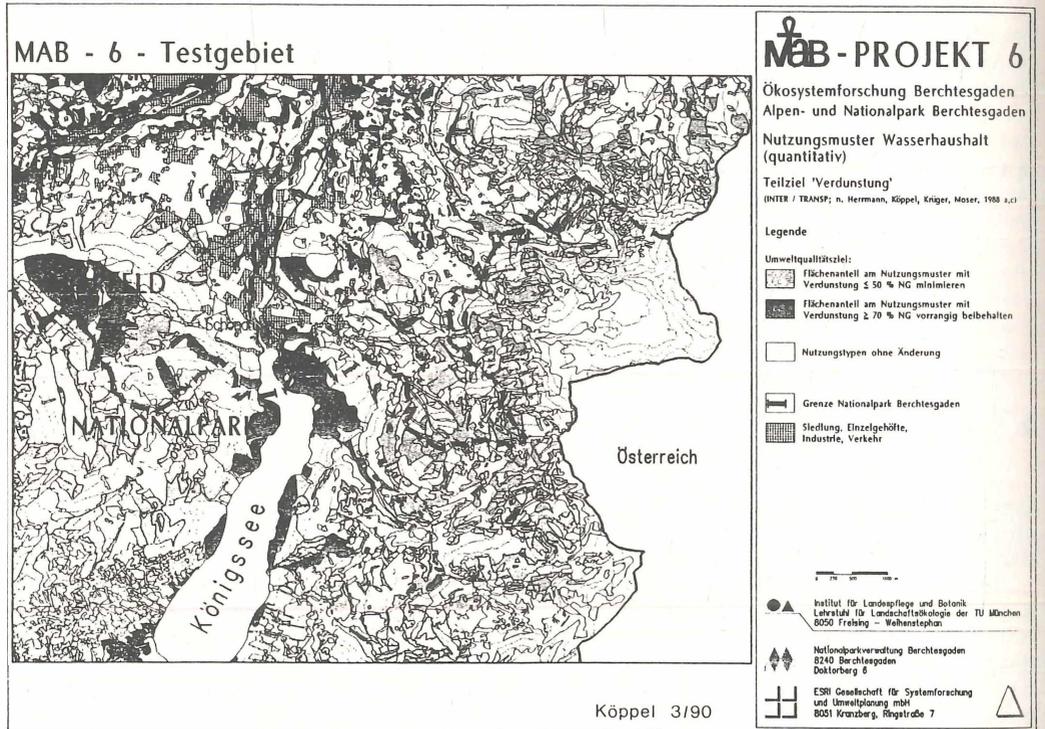


Abb. 1: Nutzungsmuster Wasserhaushalt (quantitativ)

Betrachtet seien im folgenden insbesondere ökosystemar-funktionale Eigenschaften der Vegetation im Bereich Wasserhaushalt (KÖPPEL, in Vorb.). Das in Abb. 1 mit Zielaussagen belegte Nutzungsmuster stellt das Umweltqualitäts-Teilziel "Verdunstung" dar - eine durch den Beitrag der Vegetation stark geprägte und relativ variable Größe der quantitativen Wasserbilanz.

Nun folgt die Betrachtung der Ausprägungen der zugehörigen Datenmodellvariablen. Sie führt zu einer - bewußt nicht voll automatisierten - Sortierung der regional anzutreffenden Ausprägungen dieses Indikators, unter Ausschluß kaum veränderbarer Nutzungstypen (überwiegend in der alpinen Stufe) sowie unter Ermöglichung freier "planerischer Willensäußerungen" (z. B. Nichtberücksichtigung von Ökosystemen herausragender Schutzwürdigkeit). Dieser Selektionsvorgang bedingt die rechtsseitige Verkürzung der in der Vertikalen aufgelisteten Datensätze in Tab. 2. Dort wird vor dem Komma der Realnutzungstyp, an zweiter Stelle die Ausprägung "Verdunstung", sortiert nach Größenordnung, wiedergegeben (bereits summiert aus Teilvariablen zur produktiven und unproduktiven Verdunstung).

Mit der Setzung von Schwellenwerten im Verdunstungsgradienten gemäß Tab. 2 werden sodann für die einzelnen Ökosystemtypen Zielerfüllungsgrade bzw. Defizite und ihre Bedeutung für die Umsetzung der Teilziele darstellbar: Aufgrund der sehr hohen Gebietsniederschläge und der o. a. übergeordneten Zielsetzung, den Oberflächenabfluß möglichst gering zu halten, werden mit diesem Teilziel möglichst hohe Verdunstungsraten angestrebt. Im mittleren Drittel dieser Schwellenwertskala verbleiben "Verhandlungsspielräume" (keine gesonderte Belegung mit Zielprojektionen). Dem bearbeitenden Wissenschaftler oder Umweltplaner bleibt dabei relativ freie Hand bei der Setzung von Schwellenwerten, denn es soll keine Anlehnung an (ohnehin kaum verfügbare) abstrakte Richtwerte erreicht werden. Angestrebt wird vielmehr, zunächst regionale Zielerfüllungsgrade für die Ökosysteme des Landschaftsausschnitts zu ermitteln. Diejenigen Flächen sollen mit Unterstützung durch das GIS ausfindig gemacht werden, mit denen sich eine Beschäftigung zur Gewährleistung des übergeordneten Umweltqualitätsziels anbietet, und zwar als Positivliste (möglichst im Sinne von nicht zu verändernden Tabuflächen) oder als Negativliste (ökologische Sanierung, Flächenanteil durch Nutzungswandel möglichst minimieren).

Die Behandlung weiterer Teilziele mündet schließlich ebenfalls in eine Reihe jeweils räumlich differenzierter Zielaussagen analog zu Abb. 1. Zunächst unabhängige, jedoch mit Hilfe des GIS überlagerbare Priorisierungsmuster zur quantitativen Wasserbilanz wurden bislang erarbeitet für Teilziele zur Durchwurzelung (als wichtiger Beitrag zur Hangstabilisierung), zur (Gewährleistung einer möglichst effektiven) Infiltrationskapazität sowie zum Bodenschutzfaktor durch die Vegetationsbedeckung. Anschließend erfolgte eine einfache und transparente Überlagerung der Teilziele, mit einer Abwägung ihrer inhaltlichen und räumlichen Differenzierung sowie unter Berücksichtigung eventueller Konflikte der Teilziele untereinander. Ergebnis ist wiederum eine flächendeckende Priorisierung des Nutzungsmusters im Sinne des gewählten Umweltqualitätsziels.

Ein dementsprechend optimiertes Nutzungsmuster kann nunmehr formuliert werden, im "Sanierungsfalle" (Flächenanteil minimieren) unter Benennung der alternativ angestrebten Nutzungstypen. Ein derart projektierter Nutzungswandel für die betrachtete Landschaft läßt sich durch einfache Rechenvorschriften (Algorithmen) im Geographischen Informationssystem simulieren und der in Abschnitt 3 dargestellten "Erfolgskontrolle" unterziehen. Die Festschreibung eines zugehörigen regionalen Umweltqualitätsstandards wird jedoch erst nach der Abwägung mit anderen medialen Qualitätszielen konzeptionell ermöglicht (vgl. Abschnitt 4).

**Tab. 2: Umweltqualitätsziele - Nutzungsmuster Wasserhaushalt (quantitativ): Teilziel Verdunstung**

| Umweltqualitätsziele<br>Nutzungsmuster Wasserhaushalt (quantitativ)                                |   | Köppel 3/90  |  |
|--|---|--|--|
| Teilziel Verdunstung   |   |  |  |
| Summenwerte aus den Kenngrößen Interzeption und Transpiration (in % NG = Jahresgesamtniederschlag) |   |  |  |
| 25   |   | 70   |  |
| vorrangig<br>minimieren  |   | vorrangig<br>beibehalten   |  |
| 50   |   | ≥ 100  |  |
| Teilzielvorschriften   |   |  |  |
| Flächenanteil am Nutzungsmuster mit Verdunstung<br>≤ 50 % NG vorrangig minimieren                  |   | Flächenanteil am Nutzungsmuster mit Verdunstung<br>≥ 70 % NG vorrangig beibehalten |  |
| 009,25   |   |  | 009,25   |
| 188,30   |   |  | 188,30   |
| 012,35   |   |  | 012,35   |
| 011,40   |   |  | 011,40   |
| 055,40   |   |  | 055,40   |
| 022,40   |   |  | 022,40   |
| 039,45   |   |  | 039,45   |
| 007,45   |   |  | 007,45   |
| 119,45   |   |  | 119,45   |
| 096,45   |   |  | 096,45   |
| 185,50   |   |  | 185,50   |
| 010,50   |   |  | 010,50   |
| 013,50   |   |  | 013,50   |
| 141,50   |   |  | 141,50   |
| 145,50   |   |  | 145,50   |
| 135,50   |   |  | 135,50   |
| 046,50   |   |  | 046,50   |
| 048,50   |   |  | 048,50   |
| 020,50   |   |  | 020,50   |
| 021,50   |   |  | 021,50   |
| 095,50   |   |  | 095,50   |
| 180,50   |   |  | 180,50   |
| 144,55   |   |  | 144,55   |
| 054,55   |   |  | 054,55   |
| 049,55   |   |  | 049,55   |
| 051,55   |   |  | 051,55   |
| 053,55   |   |  | 053,55   |
| 008,55   |   |  | 008,55   |
| 073,55   |   |  | 073,55   |
| 183,55   |   |  | 183,55   |
| 142,60   |   |  | 142,60   |
| 143,60   |   |  | 143,60   |
| 057,60   |   |  | 057,60   |
| 077,60   |   |  | 077,60   |
| 117,60   |   |  | 117,60   |
| 040,60   |   |  | 040,60   |
| 042,60   |   |  | 042,60   |
| 074,60   |   |  | 074,60   |
| 071,60   |   |  | 071,60   |
| 072,60   |   |  | 072,60   |
| 181,60   |   |  | 181,60   |
| 182,60   |   |  | 182,60   |
| 076,60   |   |  | 076,60   |
| 058,65   |   |  | 058,65   |
| 041,65   |   |  | 041,65   |
| 043,65   |   |  | 043,65   |
| 047,65   |   |  | 047,65   |
| 024,70   |   |  | 024,70   |
| 025,70   |   |  | 025,70   |
| 066,70   |   |  | 066,70   |
| 026,70   |   |  | 026,70   |
| 052,70   |   |  | 052,70   |
| 050,70   |   |  | 050,70   |
| 023,75   |   |  | 023,75   |
| 027,75   |   |  | 027,75   |
| 028,75   |   |  | 028,75   |
| 027,75   |   |  | 027,75   |
| 028,75   |   |  | 028,75   |
| 056,75   |   |  | 056,75   |
| 134,75   |   |  | 134,75   |
| 123,80   |   |  | 123,80   |
| 033,85   |   |  | 033,85   |
| 139,90   |   |  | 139,90   |
| 035,90   |   |  | 035,90   |
| 030,95   |   |  | 030,95   |
| 097,95   |   |  | 097,95   |
| 075,99   |   |  | 075,99   |
| 031,99   |   |  | 031,99   |
| 009  | Alpine Rasen, erosionsbeeinträchtigt                                | 031  | Gehölzsaum, Uferfluren an Fließwässern         |
| 188  | Skipiste im Latschenkieferbereich                                   | 075  | Niedermoorstandort                             |
| 012  | Zwergstrauchheiden  | 097  | Streuwiesen                                    |
| 011  | Mosaik aus Latschen und alpinen Rasen                               | 030  | Hoch- und/oder Übergangsmoor                   |
| 055  | Lichter Lärchenwald über Latschen, Zwergstrauchheiden, alpine Rasen | 035  | Weidengebüsch                                  |
| 022  | Almfläche in Sukzession   | 139  | Hochstaudensaum an Fließgewässern              |
| 039  | Kahlschlag-, Windwurf-, Schneebruchflächen                          | 033  | Quellfur im Wald                               |
|  |   | 123  | Aufgelichteter Waldbestand auf Feuchstandort   |
| 007  | Verarmte Almflächen (Nardeten)                                      | 134  | Schneeheide- Kiefernwald                       |
| 119  | Beweidete Buckelwiesen  | 028  | Größeres Feldgehölz/Laub- oder /und Nadelbäume |
| 096  | Hutungen  | 027  | Größeres Feldgehölz/Laub-oder/und Nadelbäume   |
| 185  | Begrünte Skipiste (evtl. beweidet)                                  | 023  | Baumgruppe, Nadelgehölze                       |
| 141  | Gebüsch (Sträucher)   | 050  | (Berg-) Mischwald, überwiegend Laubholz        |
| 145  | Strauchhecke, geschlossen   | 052  | Schluchtwald                                   |
| 046  | Aufgelichteter Nadelwald  | 026  | Tratte   |
| 048  | Aufgelichteter Mischwald  | 066  | Baumreihe                                      |
| 020  | Beweidete gepflegte Almfläche, zugleich Skipiste                    | 025  | Baumgruppe, Laub- und Nadelgehölze             |
| 142,60   |   | 024  | Baumgruppe, Laubgehölze                        |
| 143,60   |   |  |  |
| 057,60   |   |  |  |
| 077,60   |   |  |  |
| 117,60   |   |  |  |
| 040,60   |   |  |  |
| 042,60   |   |  |  |
| 074,60   |   |  |  |
| 071,60   |   |  |  |
| 072,60   |   |  |  |
| 181,60   |   |  |  |
| 182,60   |   |  |  |
| 076,60   |   |  |  |
| 058,65   |   |  |  |
| 041,65   |   |  |  |
| 043,65   |   |  |  |
| 047,65   |   |  |  |
| 024,70   |   |  |  |
| 025,70   |   |  |  |
| 066,70   |   |  |  |
| 026,70   |   |  |  |
| 052,70   |   |  |  |
| 050,70   |   |  |  |
| 023,75   |   |  |  |
| 027,75   |   |  |  |
| 028,75   |   |  |  |
| 027,75   |   |  |  |
| 028,75   |   |  |  |
| 056,75   |   |  |  |
| 134,75   |   |  |  |
| 123,80   |   |  |  |
| 033,85   |   |  |  |
| 139,90   |   |  |  |
| 035,90   |   |  |  |
| 030,95   |   |  |  |
| 097,95   |   |  |  |
| 075,99   |   |  |  |
| 031,99   |   |  |  |

### 3. Vom Ökosystem zu Ökosystemkomplexen: Erfolgskontrolle unter Berücksichtigung von Nachbarschaftsbeziehungen

In Abschnitt 2 wurde die Entwicklung eines optimierten Landnutzungsmusters hinsichtlich eines übergeordneten, medialen Umweltqualitätsziels (bzw. -standards) erläutert. Räumliche Bezugsgrößen waren dabei Ökotopt- oder Ökosystemtypen in einem Gradienten des Nutzungseinflusses bzw. der Naturnähe. Dennoch besteht nach diesem methodischen Schritt noch keine Gewähr, daß das gewünschte Umweltqualitätsziel auch tatsächlich erreicht wird. Verantwortlich für diese zunächst hohe Prognoseunsicherheit sind die Nachbarschaftsbeziehungen zwischen Ökosystemen, ihr Zusammentreten zu Ökosystemkomplexen, zur Landschaft. Gerade im auch vertikal gegebenen Ökosystemverbund des Hochgebirges bestehen nennenswerte Stoff- und Energieflüsse; ökosystemare Kreisläufe sind hier auch von Natur aus keinesfalls geschlossen (vgl. z. B. HABER 1986).

Der Beschäftigung mit medialen Umweltqualitätszielen steht also das ressourcen- und flächenübergreifende Zusammenwirken abiotischer und biotischer Komponenten des Naturhaushalts gegenüber. Letzteres ist Betrachtungsgegenstand des in der "Ökosystemforschung Berchtesgaden" konzipierten ökologischen Bilanzmodells (KERNER, in Vorb.). Ziel dieser Modellentwicklung war es, die ökologischen Wechselbeziehungen verschiedener Flächennutzungen in ihrem realen Nachbarschaftsverbund zu beschreiben und dabei Zufuhrgrößen, Vorratsänderungen und Ausstragsgrößen der betroffenen Ökosysteme auf der Basis von Stoffgruppen und Energieäquivalenten semi-quantitativ zu bilanzieren. Als Eingangs-Datenbasis dient das entwickelte Datenmodell.

Für das betrachtete mediale Umweltqualitätsziel relevant (unterstützt durch die Bereitstellung funktionaler Kenngrößen der Vegetation) war in diesem Falle die Durchsatzlinie des Wassertransports bzw. der Modellbereich der quantitativen Wasserbilanz. Verfolgt werden dabei vom jeweils höchsten Geländepunkt eines Wassereinzugsgebietes die Niederschlags-, Versickerungs- und Abflussmengen von Fläche zu Fläche bis zur Einmündung in ein Oberflächengewässer. Die Abflußwege (Kaskaden der Wege und Mengen) wurden auf der Grundlage eines digitalen Geländemodells ermittelt (FLACKE & BREIT 1988).

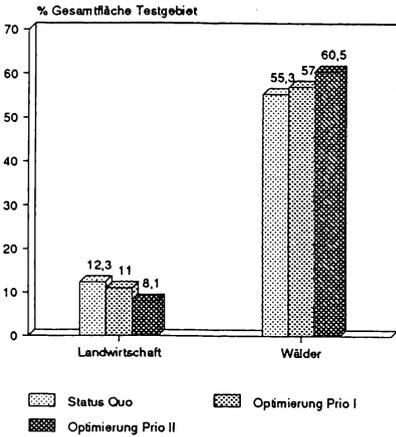
Entsprechende Modellläufe der quantitativen Wasserbilanz lassen sich nun zum einen für das betrachtete Nutzungsmuster im status quo durchführen. Zum anderen werden durch den Einsatz dieses Modells Simulationen für die Zielprojektionen, die anhand eines optimierten Landnutzungsmusters verfolgt werden, ermöglicht.

Abb. 2 stellt einige Outputs zugehöriger Modellläufe für das medial abgewogene Umweltqualitätsziel zum Wasserhaushalt dar (in der bislang entwickelten ersten Fassung des Modells werden dabei Daten und Bilanzergebnisse für jeweils ein Jahr gehalten bzw. ausgegeben). Die simulierte (und stark aggregiert wiedergegebene) Nutzungsänderung auf ca. sieben Prozent der Testgebietsfläche führte insbesondere zu einer Abnahme der in der Obergruppe "Landwirtschaft" zusammengefaßten Realnutzungstypen (Almflächen, Skipisten, Dauerweiden im Talbereich, etc.). An ihre Stelle wurden in der Simulation überwiegend Bergmischwälder gesetzt, in der ihnen eigenen regionalen Höhenzonierung. Diese Wälder weisen gemäß der medialen Zielprojektion zum Wasserhaushalt deutlich höhere Zielerfüllungsgrade auf (vgl. Abschnitt 2).

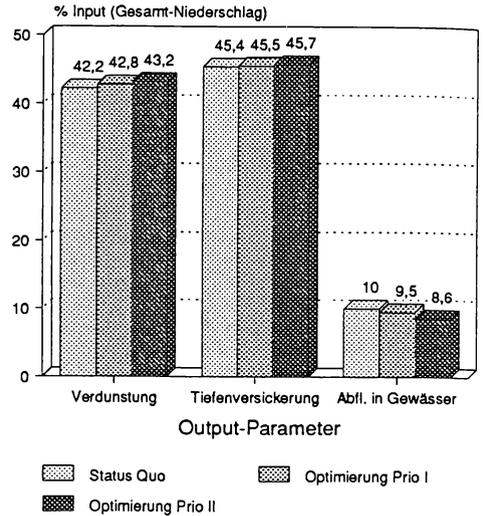
Die Zunahme der Verdunstung am Gesamtniederschlag gemäß Abb. 2 wurde als Eingangsvariable zur Erreichung des medialen Umweltqualitätsziels mit Hilfe der in Abschnitt 2 dargestellten Schritte zielgerichtet "herbeigeführt". Das übergeordnete Umweltqualitätsziel ("möglichst hohe Tiefenversickerung bei reduziertem Oberflächenabfluß") wird mit der formulierten Vorschrift zur Nutzungsänderung nur für letztere Bedingung befriedigend erreicht. Die Ursachen hierfür sind ganz wesentlich in einer begrenzten Manipulierbarkeit der Landschaft zu suchen: Im Bilanzmodell berücksichtigt werden flächenscharf die geologischen und pedologischen Bedingungen, die eine Tiefenversickerung oftmals nur bis zu einem begrenztem Ausmaß zulassen können. Die Möglichkeit einer andersartigen Simulation zur Optimierung des Landnutzungsmusters wäre jedoch einfach und schnell gegeben (Abb. 3).

# Optimierung Landnutzungsmuster - Wasserbilanz -

Entwicklung der  
Realnutzungsverteilung

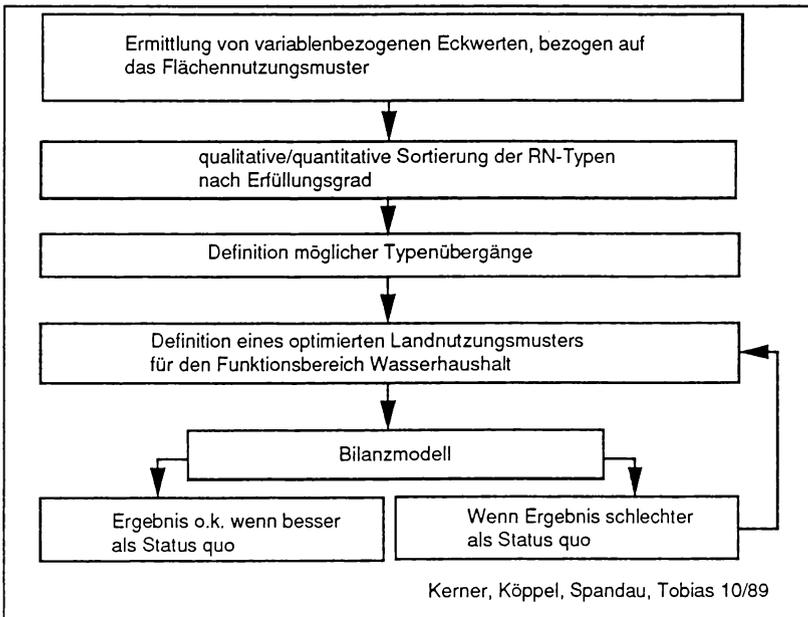


Erfolgskontrolle im Nachbarschafts-  
verbund (quantitat. Wasserbilanz)



Kerner, Köppel, Spandau 8/90

Abb. 2: Optimierung Landnutzungsmuster: Erfolgskontrolle im Nachbarschaftsverbund



Kerner, Köppel, Spandau, Tobias 10/89

Abb. 3: Grundsätzlicher Ablauf zur Umsetzung der Teilziele

Jedes durch Simulation veränderte Flächennutzungsmuster kann neu bilanziert werden, wobei die Bilanzergebnisse im Sinne einer "Erfolgskontrolle" simulierter Änderungen des Nutzungsmusters - als Folge der Umsetzung von Umweltqualitätszielen - verstanden werden können.

4. Ausblick: GIS-Einsatz zur Erleichterung des Abwägungsprozesses zwischen konkurrierenden Umweltqualitätszielen ?

Die Definition medialer Umweltqualitätsziele schließt Konflikte mit anderen ökologischen Eckwerten keinesfalls aus. Selbst innerhalb einer Ressource können inhaltlich und räumlich konkurrierende Umweltqualitätsziele nicht immer vermieden werden. Entsprechende Kongruenzen und Konflikte können mit Hilfe des Geographischen Informationssystems flächenscharf aufgezeigt und einer Abwägung unterzogen werden. Dabei stellt sich jeweils die Frage, inwieweit mediale Ziele oder Teilziele im Rahmen eines solchen intermedialen Abwägungsprozesses gehalten, durch gleichlautende Priorisierungen gestützt oder auch zurückgenommen werden müssen. Im günstigsten Falle "trifft man sich" übereinstimmend auf ein- und denselben Flächen, für die aufgrund verschiedener medialer Zielsetzungen eine "ökologische Sanierung" oder Tabuflächen-Definition (im Sinne einer Positivliste) angestrebt wird.

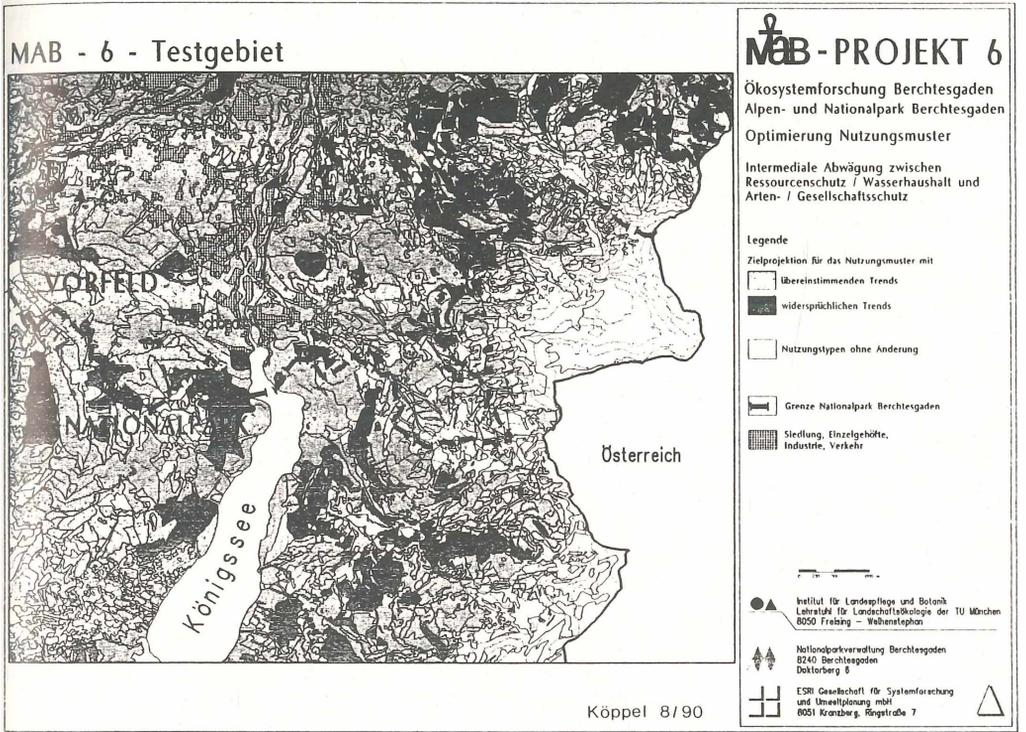


Abb. 4: Optimierung Nutzungsmuster

In den Abschnitten 2 und 3 wurde der funktionale Beitrag der Vegetation zur quantitativen Wasserbilanz in den Vordergrund der Betrachtung gestellt, mithin als Objekt des Ressourcenschutzes. Andererseits liegt eine "klassische" Betrachtung der Vegetation als Objekt des Arten- und Gesellschaftsschutzes nahe. Daß dabei auch vielfach widersprüchliche Trends auftreten können, zeigt Abb. 4: Zur Erarbeitung eines weiteren medialen Qualitätsziels wurden die vorliegenden Informationen des Datenmodells hinsichtlich einer Reihe artenschutzrelevanter Gesichtspunkte ausgewertet (auf der Basis von ca. 3.000 Vegetationsaufnahmen, HERRMANN & al. 1990). Gemäß der Nationalparkzielsetzung, zur Erhaltung und Beobachtung "eines möglichst artenreichen

heimischen Tier- und Pflanzenbestandes" (BayNatSchG Art. 8, Abs. 2), konnten, analog dem Verfahrensmuster aus Abschnitt 2, zunächst zwei sektorale Umweltqualitäts-Teilziele ("Artenvielfalt, Gesellschaftsvielfalt") formuliert, der beschriebenen medialen Abwägung unterzogen sowie anschließend den Zielaussagen zum Wasserhaushalt gegenübergestellt werden (KÖPPEL, in Vorb.). In diesem Beispiel herrschte keine Übereinstimmung der ermittelten "Wunschrends" für Grünerlengebüsche, nadelholzreiche Bergmischwälder sowie Magerrasen und beweidete Buckelwiesen.

Mit dem Einsatz eines GIS wurde also insbesondere die Schaffung eines flexiblen und auch "rückwärts" variablen Abwägungsinstrumentariums angestrebt - als Entscheidungsunterstützung bei konkurrierenden Zielprojektionen, ohne zu der oft gefürchteten starren Fixierung von Umweltqualitätszielen bzw. -standards zu gelangen.

## Literatur

- BRÖRING, U. & G. WIEGLEB, 1990: Wissenschaftlicher Naturschutz oder ökologische Grundlagenforschung? *Natur und Landschaft* 65 (6): 283-292.
- FLACKE, W. & H. BREIT, 1988: MAB-Projekt 6: Ökosystemforschung Berchtesgaden. Die Programmierung des Bilanzmodells. Unveröffentl. Manuskript. ESRI (Gesellschaft für Systemforschung und Umweltplanung), Kranzberg.
- FÜRST, D., 1990: Umweltqualitätsstandards im System der Regionalplanung? *Landschaft und Stadt* 22 (2): 73-77.
- HABER, W., 1986: Über die menschliche Nutzung von Ökosystemen - unter besonderer Berücksichtigung von Agrarökosystemen. *Verh. Ges. Ökol.* 14: 13-24.
- HABER, W. (Hrsg.), 1986: Mögliche Auswirkungen der geplanten Olympischen Winterspiele 1992 auf das Regionale System Berchtesgaden. MAB-Mitteilungen des Deutschen Nationalkomitees, Nr. 22. Bonn: 220 S.
- HABER, W., 1990: Über den Stand der Ökosystemforschung. Referat auf dem "I. wissenschaftlichen Symposium Ökosystemforschung Wattenmeer", 7./8. Mai 1990, Wilhelmshaven. Vortragsmanuskript.
- HABER, W., SPANDAU, L. & K. TOBIAS (Hrsg.), 1990: Ökosystemforschung Berchtesgaden. 1. Schlußbericht über die Arbeiten der Fachdisziplinen (Hauptphase). 2. Umweltqualitätsziele für den Alpen- und Nationalpark Berchtesgaden. Umweltbundesamt-Texte 15/90, Berlin.
- HERRMANN, Th., KÖPPEL, J. G., KRÜGER, G.-M. & M. MOSER, 1990: Fachbereich 02 "Vegetationskunde". In: HABER, W., SPANDAU, L. & K. TOBIAS (Hrsg.): Ökosystemforschung Berchtesgaden. Schlußbericht über die Arbeiten der Fachdisziplinen (Hauptphase). Umweltbundesamt-Texte 15/90, Berlin.
- KERNER, H. F., in Vorb.: Das ökologische Bilanzmodell. Dissertation. Lehrstuhl für Landschaftsökologie TU München-Weihenstephan.
- KERNER, H. F., KÖPPEL, J., SPANDAU, L. & K. TOBIAS, 1990: Umweltqualitätsziele für den Alpen- und Nationalpark Berchtesgaden. In: HABER, W., SPANDAU, L., TOBIAS, K. (Hrsg.): Ökosystemforschung Berchtesgaden. Umweltbundesamt-Texte 15/90, Berlin.
- KERNER, H. F. & L. SPANDAU (Hrsg.), 1990: MAB-Projekt 6: "Ökosystemforschung Berchtesgaden". Sozioökonomische Auswirkungen und Szenarien zur Berglandwirtschaft. Lehrstuhl für Landschaftsökologie der TU München-Weihenstephan. Freising, unveröff. Manuskript.
- KÖPPEL, J. G., 1990: Wege zur Validierung des Datenmodells im MAB-Projekt 6 "Ökosystemforschung Berchtesgaden". Symposium "Konzepte zur Ökosystemforschung". 24.-26.10.1989, Kiel. Vortragsmanuskript.
- KÖPPEL, J. G., in Vorb.: Prozeßorientierte Eigenschaften von Vegetation. Dissertation. Lehrgebiet Geobotanik TU München-Weihenstephan.
- SCHALLER, J., 1989: Das Geographische Informationssystem ARC/INFO. In: INSTITUT FÜR GEOGRAPHIE DER UNIVERSITÄT WIEN (Hrsg.): Digitale Technologie in der Kartographie - Wiener Symposium 1986. Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Wien. Bd. 1: 218-227.
- SPANDAU, L., 1988: Angewandte Ökosystemforschung im Nationalpark Berchtesgaden - dargestellt am Beispiel sommertouristischer Trittbelastung auf die Gebirgsvegetation. Dissertation.

- Forschungsbericht Nationalpark Berchtesgaden Nr. 16. Berchtesgaden: 88 S., 30 Abb., 29 Tab.
- SPANDAU, L., KÖPPEL, J. G. & J. SCHALLER, 1990: Integrierte Umweltbeobachtung auf der Grundlage einer ökosystemaren Untersuchungskonzeption. In: ELSASSER, H. & P. KNOEPFEL (Hrsg.): Umweltbeobachtung. Geographisches Institut der Universität Zürich. Vol. 8. Zürich: 65-91.
- SRU (DER RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN), 1987: Umweltgutachten 1987. Kohlhammer, Stuttgart, Mainz: 674 S.
- TOBIAS, K., 1990: Die hierarchische Systemmethode - konzeptionelle Grundlage für die angewandte Ökosystemforschung. Dissertation. Lehrstuhl für Landschaftsökologie TU München-Weihenstephan.
- TREPL, L., 1988: Gibt es Ökosysteme ? Landschaft und Stadt 20 (4): 176-185.

### **Adressen**

Heribert F. Kerner  
Dr. Lutz Spandau  
Lehrstuhl für Landschaftsökologie  
TU München-Weihenstephan

Johann Köppl  
Planungsbüro Dr. Schaller  
Ringstr. 7

W - 8050 Freising 12

W - 8051 Kranzberg

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [20\\_2\\_1991](#)

Autor(en)/Author(s): Köppel Johann G., Spandau Lutz, Kerner Heribert F.

Artikel/Article: [Eine Methode zur Herleitung und räumlichen Differenzierung von Umweltqualitätszielen - unterstützt durch den Einsatz eines Geographischen Informationssystems 695-705](#)