

Vegetationsökologische und landschaftsökologische Analysen durch Verwendung von Fernerkundungsdaten am Beispiel des Großen Walsertals

- Karl Reiter, Thomas Wrbka, Karl Hülber und Georg Grabherr, Wien -

Abstract

The „Grosse Walsertal“ is situated in Vorarlberg, Austria - representing a typical Alpine valley. This valley is an excellent example of a vital cultural landscape. Since the immigration of the Walser people in the 13th and 14th centuries, a system of pastures, extensive forestry and mountain farming has been developed. The mosaic of open land, forests and traditional settlements is the origin of very high animal and plant diversity. Some geological particularities, for example karst features and gypsum springs, are the result of a diverse geology. The geological patterns force a high diversity of different landscape and vegetation types. The numerous small, deep valleys have given rise to the „Grosses Walsertal“ being described as „*a gorge with gorges and mini gorges*“. Thus the most characteristic vegetation type of the „Grosses Walsertal“ are gorge-forests.

Based on the new Vorarlberg's law of nature conservation and the fact, that the „Grosse Walsertal“ was appointed to a biosphere reserve, a landscape inventory was to examine. The paper presents methodological approaches for an landscape inventory characterised by low costs preparation and the use of existing digital spatial layers. A set of digital layers were offered by the regional government of Vorarlberg such as the maps of watercourse, geology and the street-net. The map of landcover and landuse was offered by the project SINUS, which was set up as an interdisciplinary research project combining remote sensing methods and ecological field-investigations, aiming at the elaboration of spatial indices of sustainable land-use.

The total area of the „Grosse Walsertal“ was subdivided into grid-cells (cellsize: 250 x 250 m.), which were intersected with all of the different spatial layers. Each grid-cell represented an object for a multivariate classification with attributes derived from the spatial layers. The 3264 grid-cells were classified by the use of TWINSPLAN. The result of the classification of the grid-cells were 21 classes, which represented the main landscape types of this valley. These 21 landscape types were taken as a basis for further computations of different scenarios with focus on the development in this valley.

Based on a stratified random sampling design, which was based on landscape types as strata, a set of 110 relevés were recorded. With this comparable small data set characterised by a high degree of objectivity and representativeness, we were able to describe fifty plant-associations for the total valley.

In conclusion there is no doubt, that this analytical approach may help to save time and will enhance the acceptance of the results (e.g. scenarios of development, zonation of the biosphere reserve) as it is based on a high degree of methodological transparency.

1. Einleitung

Im Jahre 1997 wurde das Vorarlberger Naturschutzrecht novelliert. Dabei wurden die Schutzkategorien Biosphärenpark und Ruhezone in das Gesetz übernommen. Weiters kam es zu einer Aufwertung der Gemeindeverantwortung hinsichtlich Naturschutz. Insbesondere werden nun Förderungen mit Naturschutzzielen verknüpft. Die Schaffung von Inventaren der Natur- und Lebensräume ist daher eine der Verpflichtungen der Landesregierung, die aus diesem neuen Gesetz resultiert. Wesentlich dabei ist die Einbeziehung bereits vorhandener Inventare (z.B. Biotopkartierung, Waldkartierung etc.). Diese Inventare, aber auch andere, flächenhaft erfaßte Untersuchungen zu den Landschaften und zur Naturausstattung Vorarlbergs sollen systematisch zu einem Landschaftsinventar zusammengeführt werden.

Mit dem Pilotprojekt im Großen Walsertal wurde ein erster Schritt gesetzt, ein solches Landschaftsinventar zu erstellen. Dabei sollten geeignete Arbeitsstrategien unter Ausnutzung raumanalytischer und multivariater Bearbeitungsmethoden auf Basis bestehender Datengrundlagen entwickelt werden. Ein Grund für die Wahl des Großen Walsertals als Projektgebiet war die Tatsache, daß für die dort geplante Einrichtung eines Biosphärenparks ein naturräumliches Leitbild unter Einbeziehung eines Landschaftsinventars verlangt wurde. Für die Finanzierung des Projektes konnten Mittel aus dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) gewonnen werden.

Das Untersuchungsgebiet ist für viele der Forderungen des neuen Vorarlberger Naturschutzgesetzes nun exemplarisch:

- Schutzkategorie gegeben durch Biosphärenpark
- Landschaftsinventar erstellt
- Förderung der Infrastruktur (z.B. „sanfter“ Tourismus) gebunden an Schutzstatus
- Maßnahmen und Aktivitäten getragen durch die Gemeinden

Die vorliegende Arbeit liefert methodische Ansätze, wie auch sehr komplexe Landschaften - hier vor allem alpine Landschaften - relativ rasch, großräumig und dabei mit geringem finanziellen Bedarf erfasst werden können. Fernerkundungsdaten bilden dabei eine wesentliche Informationsquelle.

2. Das Untersuchungsgebiet (Abb. 1)

Das Große Walsertal zählt zweifellos zu den schönsten Hochtälern Österreichs. Es liegt in Vorarlberg, ca. 70 Kilometer südöstlich der Landeshauptstadt Bregenz und verläuft von West-Nord-West nach West-Süd-West (siehe Abb. 1). Dieses von den Walsern im 13. und 14. Jahrhundert besiedelte Tal mit seinen weitverstreuten Siedlungen, Weilern und Almen weist eine einmalige landschaftliche Vielfalt auf. Die Landschaft wird von tief eingeschnittenen Schluchten, eindrucksvollen Seitentälern und mächtigen Gipfeln geprägt. Das Gebiet umfasst sechs Ortschaften mit einer Gesamtfläche von 192 km² und einer Bevölkerung bestehend aus 3360 Personen. Mit 17,5 Einwohner pro km² zählt dieses Gebiet somit zu einem der am dünnsten besiedelten Gebiete Österreichs.

Der Anteil naturbetonter Flächen liegt im Großen Walsertal, mit Ausnahme der kleinen Gemeinden am Talausgang, wohl über 90 %. Die landschaftliche Gliederung und auch die Naturausstattung wird im wesentlichen von den geologischen Bedingungen und der großen Höherenerstreckung von über 2000 Metern geprägt. Im nördlichen Teil des Tals steht Flysch an. Charakteristisch für diesen Abschnitt sind „grüne Grasberge“ mit ihren produktiven Rasen bis hinauf in die Gipfelregionen. Im Gegensatz dazu stehen im südlichen Teil die gewaltigen Hauptdolomitstöcke mit ihren schroffen, vegetationsarmen Gipfeln, mächtigen Schutthalden

und Lawinenbahnen. Eingebettet in diese harten Gesteine sind weichere Gesteinsschichten mit tiefgründigen Böden und entsprechend guter Wasserversorgung. Diese tragen die produktiven Alpweideflächen.

Lage des Großen Walsertals

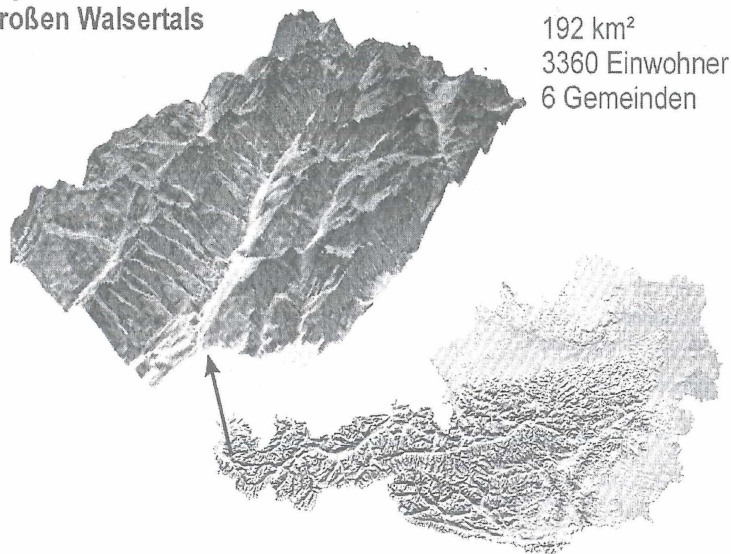


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes in Vorarlberg / Österreich.

Das Große Walsertal ist in der Hauptachse ein Kerbtal und wird an den Hängen von Tobeln geprägt. Auf Grund der Vielzahl solcher Tobel wurde das Große Walsertal auch schon als ein „von Tobeln und Töbelchen durchtobeltes Tal“ bezeichnet. Die Schluchtwälder in diesen Tobeln - durchwegs von weitgehender Ursprünglichkeit - sind die Charakterbiotope des Tales.

Die für die Dauerbesiedelung ungeeigneten Seitentäler, die hochgelegenen Talschultern und Hochflächen werden auf Grund der Tatsache, dass Viehwirtschaft schon immer ein wesentlicher Wirtschaftsfaktor war, almwirtschaftlich genutzt. Die extrem steilen Hänge und auch manche Gipfelregionen wurden bis vor wenigen Jahren noch für die Heugewinnung als Berg - bzw. Wildheumäher genutzt. Auch wenn die „Wildheukultur“ weitgehend zusammengebrochen ist, kommen im Großen Walsertal noch heute sehr traditionelle Bewirtschaftungsformen zur Anwendung. So findet man blumenreiche Bergwiesen und naturnahe Wälder (vom Buchenwald in tieferen Lagen über Nadelwälder und bis zu den Latschengebüschen der subalpinen Stufe) noch ausgedehnt und in großer Zahl. Bezogen auf die Biotopausstattung weist das Große Walsertal bis auf die feuchten Schluchtwälder allerdings keine taleigenen Charakterbiotope auf, die etwa für Vorarlberg einmalig wären. Die einzelnen Landschaftselemente treten aber zu besonders schönen Ausbildungen zusammen und bilden dann Großraumbiotope (z.B. Naturschutzgebiet Gadental) oder Biotopkomplexe von besonders repräsentativer und vielfältiger Ausprägung.

3. Material

Neben Ergebnissen von Projekten, die an der Abteilung für Naturschutzforschung, Vegetations- und Landschaftsökologie der Universität Wien im Laufe der letzten Jahre durchgeführt wurden, stellte das Land Vorarlberg aus dem räumlichen Landesinformationssystem (VOGIS)

Daten (Geologie, Biotopkartierung, Waldkarte, Höhenmodell, Gewässer-, Straßen-, Güterwege- und Forststraßennetz) in digitaler Form für die Erstellung des Landschaftsinventars zur Verfügung.

Die wesentlichen digitalen Grundlagen für das Landschaftsinventar Großes Walsertal wurden durch das Projekt SINUS (Study of Structural Features of Landscape Ecology as Indicators for Sustainable Land Use, WRBKA et al. 1999) der oben genannten Abteilung zur Untersuchung von Indikatoren zur Bestimmung der Nachhaltigkeit österreichischer Kulturlandschaften erarbeitet. Der Indikator, der dabei im Mittelpunkt des Interesses stand, war die räumliche Landschaftsstruktur (flächige, punktförmige, linienartige Strukturmerkmale etc.). Die Landschaftsstruktur wurde durch die Kombination von Felderhebungen auf repräsentativ ausgewählten Flächen und der Analyse von LandsatTM Satellitenbildern erarbeitet. Aus den Satellitenbildern wurden die Landnutzung (visuelle Kulturlandschaftstypisierung) und die Landbedeckung (automatisierte Satellitenbildklassifizierung) erhoben.

Die Ergebnisse der Analyse digitaler Höhenmodelle bildeten weitere Grundlagen für die Erstellung des Landschaftsinventars.

Insgesamt wurden also neben den Daten aus dem VOGIS drei weitere Themengruppen mit räumlichem Bezug in die Erstellung eines Landschaftsinventars miteinbezogen:

1. Landnutzung - Kulturlandschaftstypen
2. Landbedeckung
3. aus Höhenmodellen abgeleitete Faktoren

Ad. 1 Landnutzungsklassen - Kulturlandschaftstypen (Tab. 1)

Für eine erste grobe Typisierung der Landschaften des Großen Walsertals diente die Erhebung zu den Kulturlandschaften bzw. Landnutzungsklassen Österreichs (vergl. FINK et al. 1989, WRBKA et al. 1999). Bei dieser Untersuchung (Projekt SINUS) wurden durch eine visuelle Satellitenbildinterpretation 42 Kulturlandschaftstypengruppen für ganz Österreich definiert (WRBKA & GRÜNWEIS 1997). Im Großen Walsertal findet man 8 dieser 42 Kulturlandschaftstypengruppen.

Bei dieser Untersuchung wurden Polygone in Kartenwerken auf Basis der LandsatTM Bilder abgegrenzt. Entscheidend für die Abgrenzung eines Polygons waren die Homogenität der Landnutzung, Landschaftsstruktur und die Reliefmerkmale. Diese drei Kriterien konnten aus der Farbe und der Textur der Bilder und dem aus der Freilandkartierung gewonnenen Wissen abgeleitet werden. Bei der Freilandkartierung in ca. 210 objektiv ausgewählten Gebieten Österreichs (z.B. Sterisalpe im Großen Walsertal) wurden die Landschaftselemente erhoben. Ein Landschaftselement definiert sich als kleinste kartierbare, weitgehend homogene, ökologische Einheit natürlichen oder anthropogenen Ursprungs, mit verschiedener Gestalt und Funktion auf Maßstabsebene der Landschaft. Diese Elemente, seien es nun landwirtschaftliche Nutzflächen, Gebäude, Waldparzellen oder Kleinbiotope wie Hecken und Feldraine, können 3 Grundtypen (Matrix, Patch, Korridor) zugeordnet werden (FORMAN & GODRON 1986). Die Vorteile der visuellen Interpretation liegen in der einfachen Realisierbarkeit derartiger analytischer Ansätze. Es wird keine teure Software benötigt. Entsprechende Methodenentwicklungen und Softwareanpassungen fallen weg. Ein weiterer Vorteil liegt im hohen thematischen Differenzierungsgrad, der bei Auswertung durch Experten erreicht werden kann. Der menschliche Interpret stützt seine Bildauswertungen auf Mustererkennungsfähigkeiten des menschlichen Wahrnehmungsvermögens, die durch automatische Bildauswertesysteme nicht imitiert werden können, und er bringt Expertenwissen ein, das in seinem vollen Umfang nicht formalisierbar ist und daher bei automatischer Auswertung nicht zum Tragen kommt.

Tab. 1: Die Kulturlandschaftstypengruppen (Landnutzung) des Großen Walsertals, basierend auf der visuellen Satellitenbildinterpretation der gesamten Fläche Österreichs.

Kulturlandschaftstypengruppen
Alpine Fels- u. Eisregion
Subalpines/Alpines Grünland
Subalpines Grünland (Weideland)
Walddominierte Talflanken der Alpen
Walddominierte Schluchten und Engtäler
Inneralpine Rodungsinseln und -bänder
Alpine Engtäler
Randalpine Rodungsinseln und -bänder

Ad. 2 Landbedeckungsklassen (Tab. 2)

Die Landbedeckungsklassen wurden durch eine automatisierte Satellitenbilddauswertung in Zusammenarbeit mit dem Institut für Vermessungswesen und Fernerkundung der Universität für Bodenkultur - Wien erhoben. Neben der Aufbereitung der LandsatTM-Bilder wurde das Bildmaterial segmentiert und klassifiziert. Die Segmentierung unterteilt das digitale Bild in Bereiche (Segmente = räumlich zusammenhängende Mengen von Pixeln), die in der realen Welt eine Bedeutung haben (STEINWENDNER 1999). Im vorliegenden Fall sollte die Segmentierung Landschaftselemente ergeben. Den Segmenten, die durch einen Centroid-Linkage-Region-Growing-Algorithmus entstanden, wurden dann Landbedeckungsklassen zugewiesen. Als methodischer Ansatz für die Klassifikation wurde eine Kombination von wissensbasierter und statistischer Klassifizierung gewählt. Das Wissen wurde in Form von Regeln formuliert. Bei der wissensbasierten Klassifizierung kommt umfangreiches allgemeines Wissen über die Zusammenhänge zwischen Fernerkundungs-Merkmalen (-Signaturen), Kollateraldaten und Klassenzugehörigkeit zum Tragen. Der statistisch orientierte Ansatz berücksichtigt Wissen über Landbedeckungsklassen ausschließlich in Form von Trainingsdaten, d. h. in Form von Beispielen der einzelnen Klassen.

Tab.2: Landbedeckungsklassen des Großen Walsertals, gewonnen aus der automatisierten Klassifikation von LandsatTM-Satellitenbildern.

Name der Landbeckungsklassen
Vegetationsfreie Standorte
Eis- und Schneeflächen
Wasserflächen
Nadelwald Bestandesschluss > 40%
Mischwald Bestandesschluss > 40%
Laubwald Bestandesschluss > 40%
Grünland mit viel Biomasse
Grünland mit wenig Biomasse
Grünland gemischt
Offener Boden
Unspezifizierbare Kulturvegetation
Geringer Versiegelungsgrad

Die Vorteile der automatisierten Bildauswertung liegen in der hohen Verarbeitungsgeschwindigkeit und dadurch auch in der Wirtschaftlichkeit bei großen Datenmengen. Automatische Systeme stellen daher bei großen Projekten oft die einzige, wirtschaftlich realistische Auswertemöglichkeit dar. Ein weiterer Vorteil ist die Homogenität und folglich die Überprüfbarkeit des Resultats: Eindeutig formulierte Auswerteregeln werden in gleichförmiger Weise auf den gesamten auszuwertenden Bilddatensatz angewendet (Reproduzierbarkeit). Die automatische Auswertung wird daher bisweilen auch als „objektiv“ bezeichnet, was jedoch nicht unbedingt im Sinne von „richtig“ zu verstehen ist, da ja die Auswerteregeln auch mangelhaft sein können.

Im Untersuchungsgebiet konnten 350 weitgehend homogene Segmente, die die Fläche von Landschaftselementen widerspiegeln, abgegrenzt werden. Die Durchsicht der Segmente ergab, dass 12 Landbedeckungsklassen (z.B. Eis- und Schneeflächen) im Satellitenbild identifiziert werden konnten (Tab. 2).

Ad 3 Digitale Höhenmodelle

Digitale Höhenmodelle (DHM) helfen beim Modellieren, Analysieren und beim Aufzeigen von komplexen Landschaftsstrukturen, d.h. von Phänomenen, die mit der Topographie verbunden sind. Der Sinn der Anwendung solcher Modelle liegt in der Bedeutung des Reliefs als Erklärungsmöglichkeit vieler geowissenschaftlicher Erscheinungen.

Aus einem DHM mit einer Maschenweite von 50 Metern wurden die drei Standortfaktoren Höhe, Inklination und Exposition herausgerechnet. Die Genauigkeit einer über diese Faktoren festgelegten Analyse ist natürlich abhängig von der Festlegung der Skalierungsstufen der drei Faktoren. In der vorliegenden Studie wurde die Skalierung der höhenzonalen Gliederung (vergl. Tab. 3) aus der Studie zur Hemerobie der österreichischen Waldökosysteme (GRABHERR et al. 1998) übernommen. Für die Exposition wurde die achteilige Windrose gewählt und die Inklinationsschritte orientierten sich nach den Steilheitskriterien, wie sie im ÖPUL (österreichisches Programm für eine umweltgerechte Landwirtschaft) festgelegt sind.

Tab. 3: Höhenzonale Gliederung für das Große Walsertal nach GRABHERR et al. (1998) unter Angabe der Obergrenzen der Höhenstufen; Angaben in Meter über dem Meeresspiegel.

kollin	< 450 m
submontan	< 700 m
tiefmontan	< 800 m
montan	< 1200 m
hochmontan	< 1350 m
tiefsubalpin	< 1600 m
hochsubalpin	< 1900 m
alpin & nival	> 1900 m

4. Methoden

Synopsis der räumlichen Layer zu einem Landschaftsinventar (Abb. 2)

Die gesamte Fläche des Großen Walsertals wurde in 3264 Rasterzellen mit einer Kantenlänge von 250m mal 250m unterteilt. Als Richtwert für die Festlegung der Kantenlänge mit 250 Meter gilt eine Analyse der Einzelflächen der Landbedeckungsklassen. Dabei wurde die Gruppe der kleinsten Polygone untersucht (1. Quantil der Größenklassen), von diesen das geometrische Mittel der Durchmesser (längste Achse im Polygon) errechnet. Als Ergebnis wurde ein Wert von 230 Meter geliefert, der dann auf 250 m aufgerundet wurde. So werden aus der realen Landschaft quadratische Objekte „herausgestanzt“, die sich durch eine individuelle Kombination aus Reliefmerkmalen, Geologie, Landbedeckung und folglich Landnutzungsseigenschaften auszeichneten.

Mit Methoden des Geographischen Informationssystems (ARC/Info) wurde in der Folge jede Rasterzelle hinsichtlich ihrer Ausstattung, bezogen auf die einzelnen räumlichen Sachebenen untersucht. Dies bedeutet, dass zuerst jeder der räumlichen Layer mit der Rasterkarte geometrisch und thematisch verschnitten wurde (vergl. REITER & KIRCHMEIR 1997; REITER & GRABHERR 1997). Die dabei verwendeten raumbezogenen Ebenen waren die Geologie, Informationen aus dem Höhenmodell (Höhenstufe, Exposition, Neigung), Großraumbiotope und Biotope, Wälder, Kulturlandschaften/Landnutzung, Landbedeckung, Gewässer und das

Straßen- und Wegenetze. So wurde jede Rasterzelle durch mehrere Attribute (Geologie, Landbedeckung usw.) charakterisiert. Der absolute Raumanspruch eines Attributs im Untersuchungsgebiet bildete die Grundlage für die relative Quantifizierung eines Attributs auf Basis einer vierstufigen Skala innerhalb einer Rasterzelle. Jede Rasterzelle stellte folglich ein Objekt für eine multivariate Analyse dar.

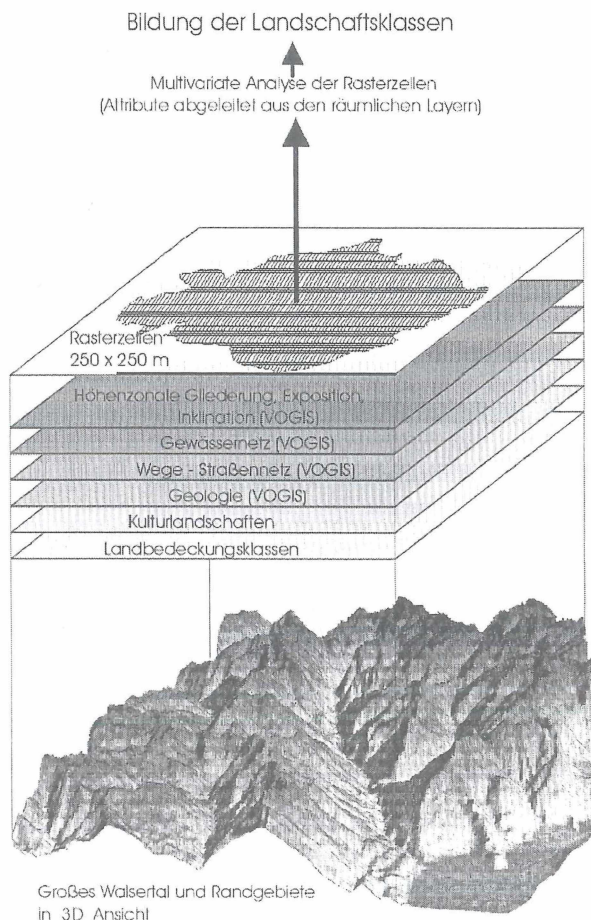


Abb. 2: Ablauf der Analyse und Klassifikation der räumlichen Layer hin zu den Landschaftstypen. Flächig ausgebildete Layer (Kulturlandschaftstypen, Landbedeckung, Geologie, höhenzonale Gliederung, Exposition und Inklination) und linamentartige Strukturen (Straßen - Wegenetz, Gewässernetz) wurden - bezogen auf Rasterzellen mit einer Kantenlänge von 250 x 250m - analysiert. Diese Rasterzellen werden mit Methoden der multivariaten Analyse klassifiziert.

Die derart aufbereitete Datenbasis wurde mit Methoden, wie sie üblicherweise in der Klassifikation von Vegetationsaufnahmen Verwendung finden, analysiert. Im Mittelpunkt dieses Systems, das als Klammer das Programm VEGI (REITER 1991) aufweist, steht die divisive Clusteranalyse, realisiert durch TWINSpan (HILL 1979). Die Leistungsfähigkeit heutiger Computersysteme ermöglicht es, dass mit TWINSpan auch mehr als 3000 Objekte klassifiziert werden können. Ähnliche Untersuchungsansätze unter der Verwendung von TWINSpan wurden auch von BUNCE et al. (1983, 1996) bei der ITE Land Classification of Great Britain angewandt. Eine Prüfung und damit eine teilweise Reklassifizierung der Ergeb-

nisse durch einen diskriminanzanalytischen Ansatz wird von verschiedenen Autoren bei ähnlichen Ansätzen vorgeschlagen (z.B. von BUNCE et al. 1996) und wurde auch in der vorliegenden Studie ausgeführt. Als Programm für die Diskriminanzanalyse wurde das Programmpaket SPSS gewählt.

Hemerobiebewertung

Jedem der Landschaftstypen wurde zusätzlich ein „Natürlichkeitswert“ nach eigener subjektiver Einschätzung zugewiesen (= NW). Der NW-Wert stellt konkret eine 4- stufige subjektive Bewertung der Landschaftstypen hinsichtlich Natürlichkeit (bzw. Intensität des aktuellen Nutzungseinflusses - vorw. agrarisch - bzw. der Nutzungsabhängigkeit) dar. Durch ein verfeinertes, objektives Verfahren (z.B. Einbeziehen der Straßendichte) wurden diese primär rein erfahrungsbedingt erstellten Natürlichkeitswerte für die Landschaftstypen zu sogenannten Hemerobiewerten (= „Kultureinfluß“) pro Rasterzelle weiter verrechnet. Dabei wurde nicht der Landschaftstyp in seiner Gesamtheit bewertet, sondern jede Rasterzelle auf Grund ihrer individuellen Eigenschaften. Das Konzept der Hemerobie geht auf JALAS (1955) zurück und wurde in der Folge vor allem für den urbanen und agro-kulturellen Lebensraum weiterentwickelt (BLUME & SUKOPP 1976, SCHUBERT 1985, KOWARIK 1988). Auch im Bereich der Fließgewässerbewertung (GRABHERR et al. 1993, WENZL 1994) und in der Kulturlandschaft allgemein (GRABHERR 1994, WRBKA 1992) fand das Konzept Anwendung und hat sich als Methode zur quantitativen Messung anthropogener Einflüsse auf Ökosysteme oder Tier- bzw. Pflanzengemeinschaften bewährt. Das Konzept kann auch als „weiterentwickelte Naturnähebewertung“ verstanden werden. Hierzu wird eine sechsteilige Skala von ahemerob bis meta-hemerob verwendet

Bei der hier verwendeten Hemerobiebewertung wurde das Straßennetz - Wegenetz, die Ausstattung mit Biotopen und der Inselcharakter hinsichtlich Natürlichkeit einer Rasterzelle als Kriterien für Auf - bzw. Abschläge verwendet. Vom Natürlichkeitswert (gültig für alle Zellen eines Landschaftstyps) wurde eine Stufe abgezogen („abziehen ist positiv - Richtung bessere Bewertung“) sofern in einer Rasterzelle ein Biotop bzw. ein Großraumbiotop liegt. Auch wenn im Umkreis einer Rasterzelle von 500 Meter alle anderen Zellen schlechter bewertet hinsichtlich der Natürlichkeitswerte sind, wurde eine Stufe abgezogen (Inselcharakter). Im umgekehrten Falle, d.h. alle Zellen in der Umgebung sind besser bewertet hinsichtlich Natürlichkeit, wird eine Stufe zum ursprünglichen Natürlichkeitswert hinzugerechnet. Bei kurzen Landesstraßenabschnitten und langen Güterwegabschnitten und Forststraßenabschnitten innerhalb der zu bewertenden Rasterzelle hat sich der Wert um eine Stufe in Richtung höherer Hemerobie verändert. Bei einem langen Landesstraßen / Bundesstraßenabschnitt wurde nochmals um eine Stufe erhöht.

5. Ergebnisse

Die Kombination aus der Analyse mit TWINSpan und der Diskriminanzanalyse mit SPSS lieferte das endgültige Ergebnis der Klassifikation. Die multivariate Analyse der 3264 Rasterzellen lieferte 21 Klassen, wobei jede der 21 Klassen einen Landschaftstyp des zu schaffenden Landschaftsinventars darstellte. Die Namen der Landschaftstypen (siehe Tab. 4) ergaben sich aus den Eigenschaften (= Attributen), die jeweils als charakteristisch eingestuft wurden (z.B. wiesenreich, walddreich, schatteseitig etc.). Dabei handelt es sich um Attribute, die sich durch hohe Frequenz (= Flächenwirkung) in der jeweiligen Klasse (= Landschaftstyp) auszeichnen.

Durch die Diskriminanzanalyse wurde festgestellt, dass 86,9% der ursprünglichen Klassifizierung durch TWINSpan als richtig ausgewiesen wurden. Vor allem die Klassen im hoch-

Tab. 4: Überblick der Landschaftstypen des Großen Walsertals und deren Natürlichkeitswert, basierend auf der Typenbildung durch die Kombination relevanter, raumbezogenen Datensätze. Der NW-Wert stellt konkret eine 4-stufige subjektive Bewertung der Landschaftstypen hinsichtlich Natürlichkeit (bzw. Intensität des aktuellen Nutzungseinflusses) dar: NW 1: natürlich (kein oder kaum Nutzungseinfluss), NW 2: weitgehend natürlich (geringer Nutzungseinfluss, keine ausgeprägte Nutzungsabhängigkeit), NW 3: halbnatürlich (mäßiger Nutzungseinfluss, deutliche Nutzungsabhängigkeit), NW 4 nutzungsbetont (hoher Nutzungseinfluss inkl. Dauersiedlung, hohe Nutzungsabhängigkeit)

NR	Landschaftstyp	NW
Landschaften des Wieslands und des Dauersiedlungsraumes		
1	mäßig steile, vorwiegend schattseitige, montane Wiesenlandschaften des Dauersiedlungsraumes	4
2	steile, sonnseitige, montane Wiesenlandschaften	4
Landschaften im Bereich der Lutz, Bäche und Schluchten		
3	Wiesland in die Waldschluchten um Lutz und Marulbach	3
4	Bachtobel der flyschalpinen Wiesenlandschaften	2
5	tiefmontan-montane, laubwaldbetonte - teils wiesenreiche - Schlucht- und Hanglandschaften	3
6	hochmontane, schattseitige und walddreiche Mäher- und Weidelandschaften, walddreiche Talgründe mit Mähdern und Weiden	3
Waldlandschaften		
7	sehr steile, schattige Tobel, schattige hochmontane Waldlandschaften	2
8	steile-sehr steile, sonnseitige, montan-hochmontane waldbetonte Maisäblandschaften	3
9	sehr steile, sonnseitige, hochmontan-tiefsubalpine Waldlandschaften	2
Almlandschaften		
10	sonnseitige, teils walddreiche, tiefsubalpine Maisäb- und Alplandschaften	3
11	sonnseitige, hochsubalpine Alplandschaften der Flyschalpen	3
12	schattseitige, walddreiche, subalpine Maisäb- und Alplandschaften	3
13	sonnseitige, walddreiche, subalpine Alpweidelandschaften der Kalkhochalpen	2
14	sonnseitige, hochsubalpin-alpine Hochweiden und Gipfelloandschaften	2
15	vorwiegend westseitige, hochsubalpin-alpine Alpweidelandschaften	2
Landschaften der Hochgebirgsregion		
16	schattseitige, felddurchsetzte, sehr steile, subalpine Waldflanken der Kalkhochalpen	2
17	sonnseitige, felddurchsetzte, sehr steile, hoch-subalpine Waldflanken der Kalkhochalpen mit Latschen	1
18	schattseitige, hochsubalpin- alpine Felslandschaften der Kalkhochalpen	1
19	alpine Felsrasenlandschaften der Kalkhochalpen	1
20	alpine Felsfluchten und Gipfelfluren der Kalkhochalpen	1
21	alpine Gschröflandschaften (= Karstflächenlandschaften) der Kalkhochalpen	1

alpinen/nivalen Bereich haben sich bereits durch die erste Klassifikation mit TWINSpan sehr gut differenziert, da die prozentuellen Anteile der richtig zugewiesenen Zellen über 80% bzw. 90% liegen. Das schlechteste Ergebnis liefern die Klasse (Landschaftstyp 5, vergl. Tab. 4) tiefmontan-montane, laubwaldbetonte Schlucht- und Hanglandschaften und die Klasse (Landschaftstyp 15, vergl. Tab. 4) vorwiegend westseitige, hochsubalpin-alpine Alpweidelandschaften mit nur 53,6% bzw. 66,7% Übereinstimmung. Die Ursachen sind in beiden Fällen leicht erklärbar. Im ersten Falle - Landschaftstyp 5 - ergibt sich dies aus der Tatsache, dass sehr unterschiedliche Zonen von Lutz bzw. Marulbach im Untersuchungsgebiet durchflossen werden und folglich auch die Objekte der Klassifizierung (= Rasterzellen) im Verlauf von Lutz und Marulbach sehr unterschiedliche Attributierung aufweisen, wobei jedoch die Flussnähe als der bestimmende Faktor der Klassenzuteilung zu tragen kam. Im zweiten Fall - Landschaftstyp 15 - liegt die teilweise problematische Klassifizierung an der Tatsache, dass die Grundlagen der Klassifikation weitgehend räumliche Layer waren, die auf Bildern beruhten. Die Bilder weisen auf westseitigen Flächen natürlich sehr dunkle, schattige Abschnitte auf, deren Interpretation schwierig ist. Diese beiden Klassen wurden in der Folge einer sehr genauen visuellen Prüfung mit Hilfe von Orthophotos und vor Ort unterzogen. Von 3264 Rasterzellen wurden im Zuge der visuellen Überprüfung 70 Zellen als augenscheinlich falsch klassifiziert erkannt und geändert.

Die herausragende Stellung des Großen Walsertals bezogen auf eine weitgehend natürliche „Umwelt“ konnte durch die Auswertung der Natürlichkeitswerte (Tab. 4) nur unterstrichen werden. So sind 23% der Fläche des Großen Walsertals natürlich, 31% weitgehend natürlich und 40% halbnatürlich, wohingegen nur 6% der Fläche als nutzungsbetont charakterisiert werden. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, dass sich diese Bewertungen aus der generalisierten Bewertung jeweils aller Rasterzellen, die zu einem Landschaftstyp gehören, ergaben. Durch die Berechnung eines Hemerobiewerts wurde dann, basierend auf dem Natürlichkeitswert, eine individuelle Bewertung jeder Rasterzelle unternommen.

Hemerobiebewertung

Durch die Analyse der Landschaften (Landschaftstypen, generalisierte subjektive Natürlichkeitswerte) des Großen Walsertals und der darauf aufbauenden Hemerobiebewertung wurden 37% der Fläche als natürlich (ahemerob), 28% als naturnahe (α -oligohemerob), 26 halbnatürlich (β -oligohemerob) und 9% als weitgehend kulturbedingt (mesohemerob) beschrieben. Vergleicht man nun die generalisierte, subjektive Natürlichkeitsbewertung mit der auf jede Rasterzelle bezogenen individuellen Hemerobiebewertung so zeigt sich, dass noch mehr Flächen als natürlich (23% bei Natürlichkeitswert versus 37% bei Hemerobie) bewertet wurden. Dies ergibt sich durch den Einfluss der vielen kleinen Einzelbiotope auf das Bewertungssystem (vergl. Kap Methoden - Hemerobiebewertung). Für die Entwicklung eines Abgrenzungsvorschlages des zu schaffenden Biosphärenparks wurden die als natürlich bewerteten Flächen als Kernzone, die naturnahen und halbnatürlichen als Pflegezone und jene Flächen, die als weitgehend kulturbedingt klassifiziert wurden, als Entwicklungszone definiert.

Da die Einreichung zum Biosphärenpark parallel zu den hier vorgestellten Untersuchungen lief, wurde bereits im Vorfeld eine Abgrenzung der Zonen nach subjektivem Empfinden von den politisch Verantwortlichen und einem Stab von Kennern der Region unternommen. Interessant ist die Tatsache, dass beide Abgrenzungsvorschläge weitgehend übereinstimmen. Eine Ausnahme bildet ein Abschnitt im Bereich des Flysch, der basierend auf dem Landschaftsinventars, ebenfalls würdig wäre, ein Teil der Kernzone zu sein. Die Präsentation des Abgrenzungsvorschlags auf Basis des Landschaftsinventars hat jedoch den Vorteil, dass so die Entscheidungen um das Zustandekommen der Grenzen für alle Interessierten nachvollziehbar sind.

Karten (Abb. 3)

Alle Ergebnisse des Projektes weisen einen konkreten Raumbezug auf. So war die Schaffung unterschiedlichster Ergebniskarten sehr einfach. Die wesentlichste Ergebniskarte ist eine eher abstrakt wirkende Karte, in der die einzelnen Landschaftstypen auf der Basis von Rasterzellen repräsentiert werden. Für naturschutzfachliche Arbeiten sind Kartenwerke mit Polygonen, die als real existierende Objekte interpretiert werden können, zu bevorzugen. So war es naheliegend, die Polygone aus der Segmentierung der Satellitenbilder mit den darin am häufigsten auftretenden Landschaftstypen - abgeleitet von den Rasterzellen - zu belegen. Der Verlauf der Segmentgrenzen aus der Satellitenbildinterpretation wurde in manchen Fällen jedoch auf Basis von Orthophotos (Maßstab 1 : 10000) verändert bzw. es wurden zusätzliche Polygone eingefügt.

Vegetation

Ein erstes Beispiel für die Nutzung des Landschaftsinventars stellen die Erhebungen zur Vegetation des Großen Walsertals dar. Für den naturschutzfachlichen Bedarf ist die Kenntnis der dominierenden Vegetationstypen der einzelnen Landschaftstypen von Bedeutung. Ausge-

hend von exemplarisch erhobenen Rasterzellen jedes Landschaftstyps (Vegetationserhebung, Kartierung der Landschaftsstruktur) haben spätere Nutzer/innen des Landschaftsinventars die Möglichkeit, auf die zu erwartenden Vegetationstypen an einem bestimmten Punkt des Großen Walsertals rückzuschließen. Die objektive Vorgehensweise bei der Wahl der Untersuchungsflächen basiert auf der Methode des Stratified Random Sampling Designs (vergl. COCHRAN 1977, GREEN 1979, MÜHLENBERG 1989). Die Landschaftstypen stellten in diesem Fall die Straten dar. Aus jeder der 21 Landschaftstypen wurden 10 Rasterzellen durch Zufall gewählt. Aus diesem Set wurde dann nach Kriterien, wie z.B. Erreichbarkeit oder Sicherheit der Kartierer/innen, meist zwei Rasterzellen für die eigentliche Felderhebung ausgewählt. Dabei wurden in jeder Rasterzelle eine bis drei Vegetationsaufnahmen gemacht. Die Aufnahmeorte innerhalb einer objektiv gewählten Rasterzelle wurden jeweils subjektiv, der Diversität der Zelle entsprechend, gewählt. Einen derartigen Ansatz, der eine Kombination aus objektiven und subjektiven Methoden bei der Festlegung der Aufnahmepunkte darstellt, muß semi-objektiv genannt werden (GRABHERR & REITER 1999). Basierend auf den daraus resultierenden 110 Vegetationsaufnahmen konnten 50 Assoziationen für das Untersuchungsgebiet beschrieben werden (Tab. 5).

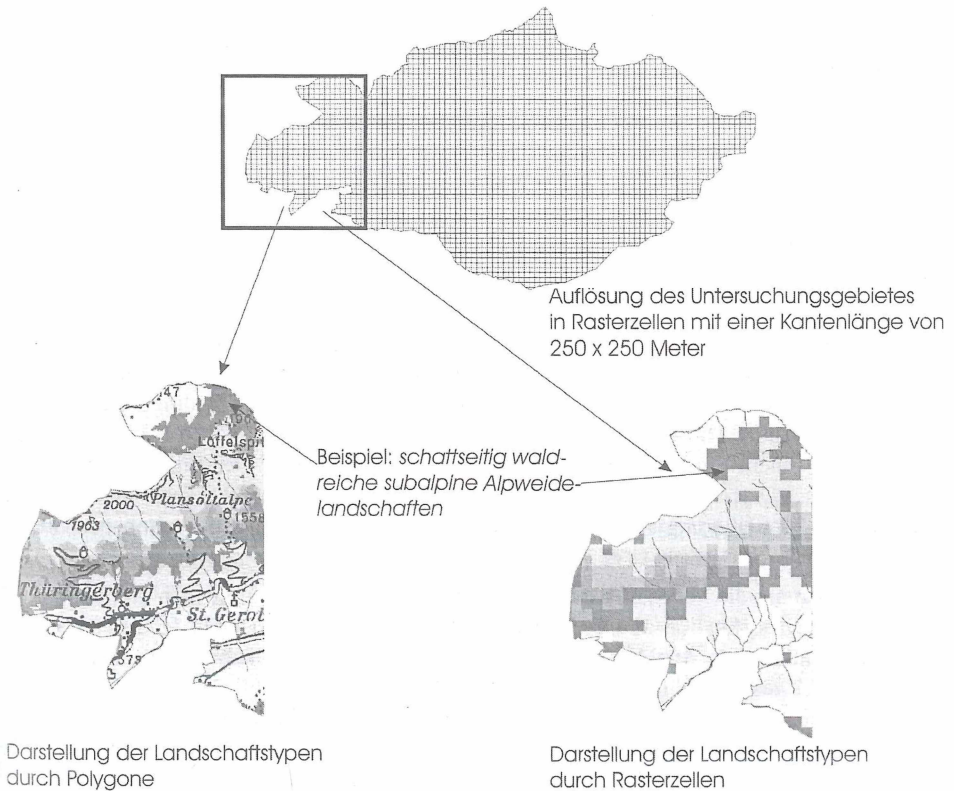


Abb. 3: Vergleich eines Ausschnittes des Großen Walsertals durch Darstellung der Landschaftstypen mit einer Rasterkarte und einer Karte mit Polygonen, die identifizierbare Objekte darstellen.

Die hier erhobene Menge an Aufnahmen, für jeden der Landschaftstypen, ist für eine flächige Modellierung der potentiellen Vegetation - trotz der Tatsache der hohen Repräsentativität der Aufnahmen durch das gewählte Verfahren der Stichprobenerstellung - zu gering. Mit dem statischen Verfahren der „Tree-based Models“ (Programm: S-Plus) wurde versucht,

Tab. 5: Erhobene Syntaxone im Großen Walsertal auf der Basis von 110 Vegetationsaufnahmen. Die Festlegung der Aufnahmeflächen erfolgte durch die Methode des Stratified Random Samplings (Straten = Landschaftstypen).

Anthropogene Vegetation <i>Poa annua</i> -Gesellschaft <i>Chaerophyllo-Petasitetum officinalis</i> <i>Junco-Molinietum</i> <i>Allietum schoenoprasi</i> <i>Chaerophyllo hirsuti-Filipenduletum</i> <i>Pastinaco-Arrhenatheretum</i> <i>Geranio sylvatici-Trisetetum</i> <i>Lolio perennis-Cynosuretum</i> <i>Festuco commutatae-Cynosuretum</i> <i>Prunello-Ranunculetum repentis</i> <i>Astrantio-Trisetetum</i> <i>Crepido-Cynosuretum</i> <i>Crepido-Festucetum commutatae</i> <i>Homogyno-Nardetum</i> <i>Onobrychido viciifoliae-Brometum</i>	<i>Caricetum firmae</i> <i>Caricetum mucronatae</i> <i>Festucetum pumilae</i> <i>Homogyno discoloris-Loiseleurietum</i> <i>Dryadetum octopetalae</i> <i>Seslerio-Caricetum sempervirentis</i> <i>Trifolio-Seslerietum albicantis</i> <i>Caricetum ferrugineae</i> <i>Calamagrostion variae</i> <i>Origano-Calamagrostietum variae</i> <i>Rhododendretum hirsuti</i> <i>Cicerbitetum alpinae</i> <i>Alnetum viridis</i> <i>Salicetum waldsteinianae</i>
Natürlich waldfreie Vegetation <i>Thlaspion rotundifolii</i> <i>Petasition paradoxi</i> <i>Caricetum davallianae</i> <i>Androsacetum helveticum</i> <i>Petasitetum nivei</i> <i>Athamanto-Trisetetum distichophylli</i> <i>Salicetum retuso-reticulatae</i> <i>Sieversio-Nardetum strictae</i>	Wälder und Gebüsch <i>Alnetum incanae</i> <i>Asperulo odoratae-Fagetum</i> <i>Pulmonario-Fagetum</i> <i>Aposerido-Fagetum</i> <i>Rhodothamno-Rhododendretum hirsuti</i> <i>Erico carnea-Pinetum prostratae</i> <i>Rhododendro hirsuti-Pinetum montanae</i> <i>Adenostylo glabrae-Piceetum</i> <i>Veronico latifoliae-Piceetum</i> <i>Calamagrostio variae-Piceetum</i>

ein Regelwerk für die Wahrscheinlichkeit der Zuteilung einer bestimmten Standortkombination zu einem Syntaxon zu schaffen. Dafür wurden die erhobenen und klassifizierten Aufnahmen und die aus den räumlichen Layern abgeleiteten standörtlichen Bedingungen am Aufnahmeort verwendet. Die Standortfaktoren bildeten dabei die unabhängigen Faktoren und die Zuteilung zu einem Syntaxon stellte den abhängigen Faktor dar. Der Entscheidungsbaum hätte mit dieser Datenlage eine Misclassification error rate von 0.3882. Dieser Fehler ist für eine flächige Modellierung auf Basis der gemachten Aufnahmen und der erhobenen Standortfaktoren zu hoch (VENABLES & RIPLEY 1997).

Das Wissen um die Vegetation des Großen Walsertals aus den Aufnahmen und der darauf aufbauenden Klassifikation, die Freilandbeobachtungen und die visuelle Interpretation der Kartenmaterialien (SW- Meßdatenbilder und Infrarot-Luftbilder) erlaubten jedoch eine grobe Bewertung der gesamten Fläche hinsichtlich der Vegetationsverhältnisse im Untersuchungsgebiet. Aus dem Bereich der anthropogenen Vegetation wären die Verbände *Polygono-Trisetion*, *Poion alpinae* und vor allem *Nardo-Agrostion tenuis* zu nennen. Die „natürlich waldfreie“ Vegetation wird durch die große Ausdehnung der Flächen, die durch Karbonatgesteine geprägt sind, vom Verband des *Caricion firmae* beherrscht. Aber auch der Verband des *Calamagrostion variae* zeigt eine weite Verbreitung. Die Wälder sind etwas schwerer zu fassen. Jedoch auch hier zeigt sich ein gewisses Vorherrschen von Assoziationen aus dem Verband des *Daphno-Fagenion* und des *Erico-Pinion mugo*.

6. Diskussion

Im Zug vieler Projekte werden heute digitale, räumliche Daten zu den unterschiedlichsten Fragestellungen geschaffen. Oft stehen diese isoliert - könnten aber bei geeigneter Analyse und Zusammenschau mit anderen räumlichen Daten eine völlig neue Sichtweise auf räumliche oder, genauer gesagt, auf vegetationsökologisch - landschaftsökologische Phänomene liefern. Die vorliegende Studie hat für ein konkretes Projekt versucht, viele derartiger Grundlagen zu sichten und diese zusammenzuführen, um so ein Bild über die biotische und abiotische Ausstattung des Untersuchungsgebietes zu schaffen. Die daraus abgeleitete Landschaftstypisierung weist bei einer auf nachvollziehbare Algorithmen basierenden Vorgehensweise ein gewisses Ausmaß an Generalisierung auf. Stellt man den Nachteilen einer derartigen Generalisierung, wie z.B. generalisierte Polygongrenzen, zu starker Einfluß eines Attributs bei der Zuteilung zu einer Klasse, die Positiva gegenüber, wie Transparenz der Entscheidungen, Kürze der Studie, geringe Kosten und rasche Umsetzung der Ergebnisse, so überwiegen die Vorteile. Wenn eine räumliche Erhebung als eine der Grundlagen naturschutzfachlicher Beurteilung gelten soll, so ist es ein unbedingtes Muss, methodische Ansätze zu liefern, bei denen die Ergebnisse nachvollziehbar und in der Folge nachprüfbar sind. Nicht nur im Bereich der Analyse der erhobenen Daten, sondern bereits bei der Datenerhebung besteht die Forderung nach Verfahren, welche die Vorgehensweise des Untersuchers klar, für andere nachvollziehbar, machen (vgl. WILDI 1994). In der vorliegenden Studie wurde diese Forderung erfüllt. Der hier vorgestellte, methodische Ansatz gibt uns mit zugegebenermaßen hohem methodischen Aufwand unter Zuhilfenahme von Computersystemen eine relativ hohe Ergebnissicherheit (Objektivität und Transparenz), kombiniert mit eher geringem Aufwand im Gelände. Basierend auf derart entstandenen naturschutzfachlichen Grundlagen in Form einer Landschaftstypisierung, eines darauf aufbauenden Landschaftsinventars und einer folgenden Landschaftsbewertung besteht die Möglichkeit für weitere Entwicklungen im Tal (z.B. Zonierung des Biosphärenparks) unterschiedliche, nachvollziehbare Szenarien zu schaffen. So konnte für die Planer und Manager und vor allem für die ortsansässige Bevölkerung ein Instrument geschaffen werden, das es erlaubt, einen Blick in mögliche zukünftige Entwicklungen dieses alpin geprägten Tales zu werfen.

7. Zusammenfassung

Das Große Walsertal liegt in Vorarlberg und ist ein gutes Beispiel für eine Kulturlandschaft, in der sich seit der Einwanderung der Walser im 13. und 14. Jahrhundert eine an die Landschaft nachhaltig angepasste Form einer Landwirtschaft entwickelt hat. Geprägt wird dieses Tal vor allem durch die geologische Situation. So wird die linke Talseite von Flysch und die rechte von harten karbonatischen Gesteinen aufgebaut. Dies findet seinen Ausdruck auch in einigen Besonderheiten wie z.B. ausgedehnten Karstflächen oder Gipsquellen. Das Große Walsertal ist in der Hauptachse ein Kerbtal und wird an den Hängen von Tobeln geprägt. Auf Grund der Vielzahl solcher Tobel wurde das Große Walsertal auch schon als ein „von Tobeln und Töbelchen durchtobeltes Tal“ bezeichnet. Die Schluchtwälder in diesen Tobeln - durchweg von weitgehender Ursprünglichkeit - sind die Charakterbiotope des Tales.

Durch das neue Vorarlberger Naturschutzgesetz und durch die Errichtung eines Biosphärenparks im Großen Walsertal bestand die Notwendigkeit der Erstellung eines Landschaftsinventars. Die vorliegende Arbeit liefert methodische Ansätze, wie auch sehr komplexe Landschaften relativ rasch, großräumig und dabei mit geringem finanziellen Bedarf durch Verwendung bestehender digitaler Datengrundlagen erfaßt werden können. Fernerkundungsdaten bilden dabei eine wesentliche Informationsquelle.

Für die Erstellung des Landschaftsinventars wurden vom Land Vorarlberg räumliche Sachdaten (Geologie, Biotopkartierung, Waldkarte, Höhenmodell, Gewässer-, Straßen-, Güterwege- und Forststraßennetz) zur Verfügung gestellt. Wesentlich für das Ziel des Forschungsvorhabens waren jedoch die Auswertungen zur Landbedeckung und zur Landnutzung auf Basis von automatisierten und visuellen Satellitenbilddauswertungen.

Die gesamte Fläche des Großen Walsertals wurde in 3264 Rasterzellen mit einer Kantlänge von 250 x 250m unterteilt. Durch raumanalytische Methoden, wie der geometrischen und thematischen Verschneidung der Rasterkarte mit jedem der zur Verfügung stehenden räumlichen Layer, wurden alle Rasterzellen hinsichtlich ihrer Ausstattung, bezogen auf die einzelnen räumlichen Sachebenen (= Attribute der Rasterzellen), untersucht. Folglich bildet nun jede Rasterzelle ein Objekt für eine multivariate Analyse. Durch Verwendung von TWINSPLAN und einer Reklassifizierung durch die Anwendung einer Diskriminanzanalyse konnten aus dieser Datengrundlage 21 Klassen abgeleitet werden. Jede der 21 Klassen stellte einen Landschaftstyp des zu schaffenden Landschaftsinventars dar. Die Namen der Landschaftstypen ergaben sich aus den Eigenschaften (= Attributen), die jeweils als charakteristisch eingestuft wurden (z.B. wiesenreich, walddreich, schattseitig etc.).

Durch das Verfahren des Stratified Random Samplings (Stratum = Landschaftstyp) wurde eine Stichprobe mit repräsentativen Beispielrasterzellen für jeden der 21 Landschaftstypen erstellt. Neben Untersuchungen zur Landschaftsstruktur wurden auch 110 Vegetationsaufnahmen gemacht, mit deren Hilfe 50 Assoziationen für das Gebiet beschrieben werden konnten.

Durch Analyse der Landschaften des Großen Walsertals und der darauf aufbauenden Hemerobiebewertung wurden 37% der Fläche als natürlich (ahemerob), 28% als naturnah (α -oligohemerob), 26% halbnatürlich (β -oligohemerob) und 9% als weitgehend kulturbedingt (mesohemerob) beschrieben.

Für die Entwicklung eines Abgrenzungsvorschlages des zu schaffenden Biospärenparks wurden die als natürlich bewerteten Flächen als Kernzone, die naturnahen und halbnatürlichen als Pflegezone und jene Flächen, die als weitgehend kulturbedingt klassifiziert wurden, als Entwicklungszone definiert.

Durch die vorliegende Studie wurde gezeigt, wie Erhebungen, die für sich alleine nur einen Ausschnitt des Wissens über eine Landschaft liefern, zu einer größeren, gesamtheitlichen Sichtweise in Form eines Landschaftsinventars zusammengeführt werden können. Methodische Transparenz bzw. die Nachvollziehbarkeit des Ablaufs bei der Erstellung des Landschaftsinventars bilden die Grundlage der hohen Akzeptanz der Resultate der Studie durch die ortsansässige Bevölkerung. Dies alles muss auch im Lichte der Tatsache gesehen werden, dass die effiziente Verwendung bestehender Datengrundlagen durch die hier vorgestellten Arbeitsstrategien eine Einsparung an finanziellen und personellen Ressourcen bewirkt.

8. Literatur

- BLUME, P. & SUKOPP, H. (1976): Ökologische Bedeutung anthropogener Bodenveränderungen. - *Schriftt. Vegetationsk.* **10**: 7-89. Bonn-Bad Godesberg.
- BROGGI, M.F., GRABHERR, G. (1991): Biotope in Vorarlberg; Endbericht zum Biotopinventar Vorarlberg. - *Natur und Landschaft in Vorarlberg 4*; Vorarlberger Landschaftspflegefonds, Landhaus, Bregenz.
- BUNCE, R.H.G., BARR, C.J., CLARKE R.T., HOWARD.D.C., LANE,A.M.J. (1996): Land classification of Great Britain. - *Journal of Biogeography* **23**: 625-634.
- BUNCE, R.H.H., BARR, C.J., WHITTAKER, H.A. (1983): A stratification system for ecological sampling. - R.M. FULLER(Ed.). *Ecological mapping from ground, air and space*, Cambridge Institute of Terrestrial Ecology: 34-46.

- COCHRAN, W. (1977): Sampling Techniques. Third edition, New York: John Wiley & Sons.
- FINK, M. H., GRÜNWEIS, F.M., WRBKA, T. (1989): Kartierung ausgewählter Kulturlandschaften Österreich. - Monographien des Umweltbundesamtes, Bd.11.
- FORMAN R. T. T., GODRON M. (1986): Landscape Ecology. Wiley & Sons, London-New York.
- GRABHERR, G. (1993): Das Biotopinventar Vorarlberg. In: Naturschutz in Vorarlberg. Vorarlberger Landschaftspflegefonds (ed.), Bericht über das Symposium des Vorarlberger Landschaftspflegefonds, Juni 1991. - Natur und Landschaft in Vorarlberg 5: 10-21.
- GRABHERR, G. (1994): Biodiversität und landschaftliche Vielfalt Österreichs. In: MORAWETZ, W. (ed.): Ökologische Grundwerte in Österreich. Biosystematics and Ecology Series Supplement. Österr. Akad. Wiss. Wien: 23-56.
- GRABHERR, G., JUNGWIRTH, M., MOOG, O. & ZOTTL, H. (1993): Fließgewässerinventur Vorarlberg, Pilotprojekt Dornbirnerache - Vorarlberger Landesregierung, Bregenz.
- GRABHERR, G. & KOCH, G. (1993): Wie naturnah ist der Österreichische Wald. - Österr. Forstzeitung (Wien) 11: 57-58.
- GRABHERR, G., KOCH, G., KIRCHMEIR, H., REITER, K. (1998): Hemerobie österreichischer Wald-Ökosysteme. - MAB-Berichte Band 18; Innsbrucker Universitäts Verlag.
- GRABHERR, G., REITER, K. (1999): Aktuelle Aspekte der Vegetationskartierung, der Fernerkundung und geographischer Informationssysteme. - Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. (Hannover) 11: 353-366.
- GREEN, R. H. (1979): Sampling design and statistical methods for environmental biologists. - John Wiley and Sons., New York, Chichester, Brisbane, Toronto.
- HILL, M.O. (1979): TWINSPLAN, A FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an Ordered Two-way Table by Classification of the Individuals and Attributes. - Cornell University, Ithaca, New York.
- JALAS, J. (1955): Hemerobie und hemerochrome Pflanzenarten. Ein terminologischer Versuch. - Acta Soc. Fauna Flora Fenn. 72(11): 1-15
- KOWARIK, I. (1988): Zum menschlichen Einfluß auf Flora und Vegetation. Theoretische Konzepte und ein Quantifizierungsansatz am Beispiel von Berlin (West). - Landschaftsentw. Umweltforsch. 56: 1-280. Berlin.
- MÜHLENBERG, M. (1989): Freilandökologie. 2. Auflage UTB 595, 210-216. Quelle und Meyer.
- REITER, K. (1991): VEGI - Ein Programm zur Erstellung und Bearbeitung von Vegetationstabellen. Tagungsband 6. Österreichisches Botanikertreffen in Graz.
- REITER, K., GRABHERR, G. (1997): Operationalisierung theoretischer Konzepte der Stichprobenwahl. Tagungsband zur 2. Pflanzensoziologische Tagung : Pflanzengesellschaften im Alpenraum und ihre Bedeutung für die Bewirtschaftung; BAL Gumpenstein:15 - 22.
- REITER, K., KIRCHMEIR, H. (1997): Geographische Informationssysteme im Lichte der Hemerobiebewertung. - Österreichische Forstzeitung 197: 27-29.
- SCHUBERT, R. (1985): Bioindikation in terrestrischen Ökosystemen. - G. Fischer, Jena 1985.
- STEINWENDNER J., SCHNEIDER W. (1999): Radiometric Self-Calibration of Remote Sensing Images for Generic Knowledge-Based Image Analysis. - In: Proc. 23rd ÖAGM Workshop: 69-78.
- VENABLES, W.N. & RIPLEY, B.D. (1997). Modern Applied Statistics with S-PLUS.
- WENZL, M. (1994): Methoden zur Abschätzung des menschlichen Einflusses auf Ausstattung und Vegetation der Ufer und der Flußlandschaft am Beispiel der Steyerling (oö. Kalkalpen). - Diplomarbeit, Universität Wien, Institut f. Pflanzenphysiologie, Abt. f. Vegetationsökologie und Naturschutzforschung.
- WILDI, O. (1994): Versuchsplanung und Stichprobenverfahren. 03-314 Planung und Durchführung pflanzenökologischer Untersuchungen; SS 1994, unveröff. Skriptum.
- WRBKA, T. (1992): Ökologische Charakteristik Österreichischer Kulturlandschaften. - Dissertation, Univ. Wien.
- WRBKA, T., GRÜNWEIS, F. M. (1997): Berge, Menschen, Biotope. - In: GRÜNWEIS F.M., URBAN H., SMO-LINER C.: Wo i leb... - Kulturlandschaften in Österreich. Katalog Nr.67 des Stadtmuseums Linz- Nordico; Linz 1997.

WRBKA, T., REITER, K., SZERENCSE, E., BEISSMANN, H., MANDL, P., BARTEL, A., SCHNEIDER, W. & SUPPAN, F. (1999): Landscape structure derived from satellite images as indicator for sustainable landuse. - In: NIEUWENHUIS, G.J.A., R.A. VAUGHAN & M. MOLENAAR (Eds.): Operational Remote Sensing for Sustainable Development. Proceedings of the 18th EARSeL Symposium on „Operational Remote Sensing for Sustainable Development“, 11-14 May 1998, Enschede. A.A. Balkema, Rotterdam-Brookfield.

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Karl Reiter, Dr. Thomas Wrbka, Karl Hülber, Prof. Dr. Georg Grabherr, Institut für Ökologie und Naturschutz der Universität Wien, Althanstraße 14, A-1091 Wien

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 2001

Band/Volume: [13](#)

Autor(en)/Author(s): Reiter Karl, Wrbka Thomas, Hülber Karl,
Grabherr Georg

Artikel/Article: [Vegetationsökologische und
landschaftsökologische Analysen durch Verwendung von
Fernerkundungsdaten am Beispiel des Großen Walsertals 197-
212](#)