© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich 134 (1997): 389-412

Digitale Höhenmodelle als Grundlagen der Stichprobenwahl bei Vegetationsanalysen

Karl REITER und Georg GRABHERR

Die Erstellung eines Stichprobenplans in der Vegetationsökologie weist noch einen Mangel an befriedigenden methodischen Ansätzen auf. Die reine Zufallsentnahme ist teilweise zu arbeitsintensiv, die traditionelle Form der subjektiven Aufnahmenwahl verletzt manche grundlegende Forderung für eine weitere statistisch abgesicherte Bearbeitung. Moderne computergestützte Werkzeuge erlauben die vergleichsweise leichte Wahl von Straten bzw. von Aufnahmeflächen. Die vorliegende Untersuchung zeigt die Möglichkeiten dieser neuen Methoden am Beispiel eines Testdatensatzes von Vegetationsaufnahmen. Dieser Datensatz umfaßt 165 Aufnahmen, die eine weitgehend flächendeckende, systematische Erhebung einer montanen Wiese in den nordöstlichen Kalkvoralpen darstellen. Unter Verwendung eines digitalen Höhenmodells wurde das Untersuchungsgebiet nach den Faktoren Höhe, Exposition, Inklination und den Ergebnissen einer Luftbildinterpretation in Straten unterteilt. Jedes Stratum umfaßt eine unterschiedliche Anzahl möglicher Aufnahmeflächen. Die zufällige Wahl von Aufnahmen durch die Vorgabe einer fixen Anzahl zu wählender Aufnahmen pro Stratum (unabhängig von der Stratumgröße) liefert bessere Ergebnisse zur Darstellung der floristischen Variabilität als die Verwendung der Vorgabe eines prozentuellen Anteils an zu wählenden Aufnahmen.
Bei einer Gesamtanzahl von 165 Aufnahmen erscheint es sinnvoll, eine Anzahl von 30 bis 40 Aufnahmen zu wählen, um die wesentlichen Syntaxone zu beschreiben. Die Methode der zufallsbedingten, stratenbasierenden Stichprobenwahl wird daher vorgeschlagen.

REITER K. & GRABHERR G., 1997: Digital elevation models as a basis for random sampling in vegetation analyses.
Sampling design in vegetation ecology has still not been optimally developed. Random sampling is too laborious for comprehensive surveys, and traditional subjective sampling violates basic scientific requirements. One compromise might be stratified random sampling. Modern tools for computer assisted data handling, especially Geographical Information Systems (= GIS), have made the selection of strata as well as the selection of sample plots (= plots for taking relevés) comparatively easy. This study explores the power of these new methodologies using a known test set of vegetation data.
The data base contains 165 relevés representing a complete sample of a mountain meadow area in the north-eastern Alps sampled systematically. Using a digital terrain model and the interpretation of an aerial photo the area was stratified according to altitude, inclination, exposition and utilization into classes (= strata) of similar habitat conditions, each stratum containing several relevés. Random sampling of a fixed number of relevés per stratum (regardless of stratum size) yielded better results for displaying the floristic variability than using a fixed percentage.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Even when reducing the sample size to between 30-40 relevés out of the total of 165 relevés the basic plant community types could be identified. Stratified random sampling is therefore recommended for vegetation surveys.

Keywords: Sampling design, GIS, meadow-vegetation.

Einleitung

Die räumliche Festlegung eines Aufnahmepunktes ist der vielleicht wichtigste Teil einer Vegetationsuntersuchung (vgl. GREIG-SMITH 1983). Die Wahl einer repräsentativen Objektgruppe, um an dieser Gruppe allgemeingültige Aussagen zu formulieren, ist das zentrale Element des Sampling-Designs (Stichprobenplan). Der in der traditionellen Pflanzensoziologie üblichen subjektiven Auswahl (vgl. BRAUN-BLANQUET 1964, DIERSSEN 1990, DIERSCHKE 1996) steht die Forderung nach objektiver Auswahl gegenüber (z.B. GAUCH 1982, KERSHAW & LOONEY 1985, GREIG-SMITH 1964, 1983, KENKEL et al. 1990, WILDI 1986). Die subjektive Auswahl, ob diese nun mit oder ohne vorgefaßter Meinung (MÜLLER-DOMBOIS & ELLENBERG 1974) erfolgt, hat den Vorteil, ein rasches Ergebnis zu liefern, widerspricht aber dem Grundsatz der Reproduzierbarkeit und konnte sich deshalb von Kritik nie befreien.

Aufgrund dieser Kritik wird sich das Streben nach objektiver Plazierung von Aufnahmen (sampling plots) zu einer repräsentativen Stichprobe (sample) immer mehr durchsetzen, auch wenn Schwächen in der Datenerfassung durch noch so ausgeklügelte Stichprobenverfahren nie ganz vermieden werden können.

Ein solcher objektiver Zugang ist der Vorgang des Stratifizierens. Darunter versteht man die Aufteilung des Raumes in Untereinheiten nach zeitlich variablen Faktoren (z.B. Regen, saisonale Bewirtschaftung) oder Habitatkonstanten (z.B. Habitattyp, Höhenschichtlinien, Höhenlage) (MÜHLENBERG 1989). Mit der vorausgehenden Stratifizierung des Untersuchungsgebietes kann die Grundgesamtheit in Teilmengen aufgelöst werden. In diesen wird durch zufällige oder systematische Aufnahmenwahl die Stichprobe auf ein bewältigbares Maß reduziert. Basierend auf ORLOCI & STANEK (1979) entwickelte WILDI (1986, 1994) ein klares Konzept für ein solches Vorgehen, und GRÜNIG (1978) und GRABHERR (1985) lieferten konkrete Beispiele.

Die Frage nach der geeigneten Anzahl der Aufnahmeflächen in einer nach Stratifizieren gewonnenen Stichprobe wurde bislang aber nicht empirisch verfolgt. In dieser Arbeit wird am Beispiel eines hochmontanen Wiesengebietes in den niederösterreichischen Voralpen versucht, eine Antwort darauf

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

zu geben, indem das Klassifikationsresultat auf der Basis unterschiedlicher Stichprobensätze mit dem Klassifikationsresultat auf der Basis der Grundgesamtheit (flächendeckende Vegetationserhebung durch 165 Vegetationsaufnahmen) verglichen wird. Dabei wurden für die Stratifizierung ein digitales Höhenmodell (= DTM) und eine Luftbildinterpretation verwendet. Das Zusammenstellen der Stichproben erfolgte aus den digital implementierten Daten der Grundgesamtheit mit Hilfe eines geographischen Informationssystems (= GIS) nach dem Prinzip der zufallsbedingten Stichprobenwahl bzw. des Stratified Random Sampling (SOUTHWOOD 1978) im Stratum. Als methodisches Werkzeug diente dabei das Programm ARC/Info.

Das Untersuchungsgebiet

Als Untersuchungsgebiet wurde die 1398 m hohe Reisalpe in den niederösterreichischen Kalkvoralpen (Österreich) gewählt. Sie liegt ca. 60 km südwestlich von Wien. Betrachtet man die Umgebung der Reisalpe, so ist nicht zu übersehen, daß das Gebirge hier in Einzelstöcke zerfällt. Hinsichtlich der Geomorphologie gleicht die plateauartige Hochfläche der Reisalpe relativ stark vielen anderen vergleichbaren Bergen in den nordöstlichen Kalkalpen, für die LICHTENECKER (1926) den Begriff Raxlandschaft prägte. Die Reisalpe ist ein geologisch sehr unruhiges Gebiet (SPENGLER 1931) und wird hauptsächlich aus Gutensteiner Kalk aufgebaut.

Die Nutzung der Hochfläche für die Almwirtschaft war nie sehr ausgeprägt, da die steil abfallenden Wände für das Vieh zu gefährlich sind. So war die Mahd schon immer die primäre Nutzung. Die mosaikartig anmutende Verteilung der Nutzung hat ihren Ursprung in der extrem kleinflächigen Aufteilung der Besitzverhältnisse. Die Nutzung bzw. die Unternutzung der Flächen ist der bestimmende Faktor für die heutigen Vegetationsverhältnisse.

Das typische Klima für diesen Randalpenbereich ist niederschlagsreich. Die erhobenen Bodentypen sind Rendzina und verschiedene Entwicklungszustände der Braunerde.

Material

Standardprobe (Grundgesamtheit)

Zur Evaluation der Signifikanz der unterschiedlichen Stichprobensätze wurde im Untersuchungsgebiet eine weitgehend flächendeckende, systematische Gesamterhebung durchgeführt. Die Grundlage bildete ein Raster aus

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

20 × 20 m großen Einzelquadraten. In jeder Grundfläche wurde im Zentrum eine ca. 10-25 m^2 große Fläche als die eigentliche Aufnahmefläche gewählt. Für die Wahl der Größe der Aufnahmeflächen galt als Grundlage das Vorgehen nach MÜLLER-DOMBOIS & ELLENBERG (1974). Die Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes beläuft sich auf ca. 50 ha. Die Regel der systematischen Aufnahme ist einfach: „Nimm jede Rasterfläche auf!" Die Vegetationsaufnahme erfolgte standardmäßig nach BRAUN-BLANQUET (1964).

Mögliche Fehler als Folge der systematischen Erhebung

Systematisch erhobene Aufnahmen sind problematisch in jenen Fällen, in denen in der Untersuchungsfläche ein systematisches Muster vorhanden ist (Ackerfurchen, Anpflanzungen, systematische Drainagen). Dabei besteht die Möglichkeit, daß ein Teil der Variabilität überhaupt nicht erfaßt wird. Im Bereich des in diesem Falle untersuchten Wiesengebietes war kein gleichmäßiges Muster erkennbar. Nach GREIG-SMITH (1983) wäre ein testender Vergleich systematisch erhobener Flächen mit anderen Flächen als unzulässig zu betrachten, da der Startpunkt alle anderen Aufnahmeflächen determiniert. Das Aufnahmeraster zur Erstellung der Standardprobe wurde in unserem Fall jedoch dicht gelegt; daher wurden diese Unschärfen hier sehr wohl ausgeglichen.

Orientierung im Gelände

Als Arbeitskarte wurde eine Karte verwendet, die aus einem eingenordeten Raster bestand, der mit einem gescannten Orthophoto des Untersuchungsgebietes unterlegt wurde. Einige markante Geländepunkte, die auf dem Bild leicht identifizierbar waren, ermöglichten die Orientierung im Gelände. Als weitere Kontroll- und Orientierungshilfe für die Geländearbeit wurde ein dreidimensionales Gittermodell des Untersuchungsgebietes über das Raster gelegt. Da das Raster eingenordet ist, konnte durch die Verwendung von Kompaß und Maßband (40 Meter) sowie einer Meßschnur (160 m lang, alle 20 Meter mit Markierung) die Abgrenzung der Grundflächen erfolgen. Die Bestimmung der Mitte erfolgte mit einer 28,8 m langen Diagonalschnur (Mitte markiert).

Methoden

Geographisches Informationssystem ARC/Info

Ein geographisches Informationssystem ist ein computergestütztes System, das in der Lage ist, flächenbezogene geographische Daten zu erheben, zu

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

verwalten, abzuändern und auszuwerten. Geographische Daten liegen in Form räumlicher Daten und beschreibender Informationen vor. Räumliche Daten betreffen die Lage und Ausprägung geometrischer Informationen sowie deren Beziehungen untereinander (z.B. Entfernungen, Flächengrößen etc). Die beschreibenden Daten beziehen sich auf die näheren Eigenschaften der geometrischen Daten. Ein GIS stellt Werkzeuge und Methoden bereit, um die reale Welt in Form raumbezogener Daten darzustellen (SCHALLER & DANGERMOD 1991).

Einfach ausgedrückt, stellt ein GIS nichts anderes dar als ein hochentwickeltes Datenbanksystem, das eine Datenbankauswertung vor allem in Form von Karten zuläßt. Im Gegensatz zu einem „Zeichenprogramm" wie Autocad ist ein GIS allerdings sowohl ein Visualisierungsprogramm als auch – und dies vor allem – ein Analysewerkzeug. Das zentrale konzeptionelle Element eines GIS ist die Gesamtheit der Verschneidungsoperationen.

Digitale Höhenmodelle

Digitale Höhenmodelle (= DTM, von „Digital Terrain Model") helfen beim Modellieren, Analysieren und beim Aufzeigen von Phänomenen, die mit der Topographie verbunden sind. Der Sinn der Anwendung solcher Modelle liegt in der Bedeutung des Reliefs als Erklärungsmöglichkeit vieler standortbedingter Erscheinungen. Ein DTM bildet einen Ausschnitt der Erdoberfläche ab, wobei diese Art der Darstellung jedes z-Attribut einer x/y-Position auf eine z-Achse transformiert (RAPER & KELK 1991).

Da die meisten Programme bis jetzt vornehmlich nur Auswertungen im zweidimensionalen Raum erlaubten, war die Einbeziehung der Höhe, als einer der zentralen Faktoren für die Entstehung der Vegetationstypen, in räumlichen Analysen schwierig.

Aus einem DTM lassen sich die drei Standortfaktoren Höhe, Inklination und Exposition in Form von Polygonen errechnen. In einem weiteren Schritt kommt es zur Verschneidung (d.h. die geometrische Kombination von Ausgangspolygonen mit Übernahme der Flächenqualitäten in das resultierende Polygon) der „Höhenpolygone", der „Expositionpolygone" und der „Inklinationpolygone". Die daraus resultierenden Schnittflächen werden in dieser Arbeit zu Straten zusammengefaßt, die bezüglich der drei Standortfaktoren homogen sind.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß auch solche Faktoren wie z.B. Nutzung oder geologische Verhältnisse oft in den geographisch determinierten Standortfaktoren „versteckt" sind. So ändert sich die Nutzung bei zuneh-

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

mender Höhe oder bei Änderung der Geländeform (Steigungen). Änderungen in der Geländeform wiederum werden oft durch Änderungen der Geologie bedingt. Durch Analyse der Standortparameter können prädiktive Modelle erstellt werden. Auch die Interpolation von auf Teilflächen bezogenen Vegetationserhebungen auf das gesamte Untersuchungsgebiet ist durch derartige auf Straten basierende Erhebungen möglich.

Erstellung digitaler Höhenmodelle mit DVP

Höhenmodelle können in Österreich vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen angekauft werden. Ursprünglich wurde ein solches für die hier vorgestellten Arbeiten verwendet. Da von den Autoren jedoch einige Ungenauigkeiten in diesem Modell festgestellt wurden, wurde ein neues DTM erstellt.

Grundlage derartiger Auswertungen ist das Methodeninventar der Stereophotogrammetrie. Die Zweibildanalyse nutzt die Fähigkeit des Menschen, zwei Perspektiven desselben Objektes im stereoskopischen Sehvorgang zum Raummodell zu vereinigen. Aus vier Meßgrößen (zwei Koordinatenwerte in jedem Bild) lassen sich die drei unbekannten Geländekoordinaten eines zu messenden Punktes durch Ausgleichsrechnungen ermitteln (SCHNEIDER 1992).

Zur digitalen stereoskopischen Auswertung wurde das Programm DVP (Digital Video Plotter der Firma Leica) zur Erstellung eines DTM eingesetzt. Das preisgünstige Produkt läuft unter dem Betriebssystem MSDos und ermöglicht eine menügesteuerte Orientierung, Auswertung und Überarbeitung der Modelle in Echtzeitberechnung. Neben den Komponenten Computer und Software verfügt eine derartige Photogrammetriestation noch über ein einfaches Spiegelstereoskop, das mit dem Bildschirm gekoppelt wird. Der DVP arbeitet ähnlich wie analytische Auswertegeräte, benützt jedoch digitale Bildmaterialien (FUSSENEGGER 1995).

Programme zur Bearbeitung bzw. Erhebung des Datenmaterials

Programme wie ARC/Info sind freilich nicht auf die speziellen Fragestellungen der Vegetationsökologie abgestimmt. So liegt es am erfahrenen Anwender, sich Computerwerkzeuge zu schaffen, um bestimmte „Schnittstellen" selbst zu generieren. Auch für Bearbeiter mit wenig Programmiererfahrung ist es nicht schwierig, kleine Programme zu schreiben, die AMLs (AML = ARC Makro Language: Liste von Steueranweisungen für ARC/Info) erzeugen.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Für diese Arbeit wurden vom Erstautor folgende Programme entwickelt:

FRQAML: Dieses Programm dient zur Auswertung eines Gebietes nach erfolgter Stratifizierung, d.h. zur Abgrenzung von Flächen und zur digitalen Abspeicherung dieser Einheiten in ARC/Info. FRQAML wählt automatisch alle jene Flächen (in diesem Falle die Rasterflächen der eigentlichen Aufnahmeflächen), die einem bestimmten Stratum angehören und weist diesen eine Kennung zu. Dabei entsteht auch ein Datensatz, der eine Klassifizierung der Straten erlaubt.

STRATRAN: Dieses Programm dient der Zufallsentnahme von Flächen, die einem bestimmten Stratum angehören. Die Beantwortung der Frage, ob eine derart gewählte Fläche die eigentliche Aufnahmefläche darstellt oder ob sie nur die Bezugsfläche bildet, ist von der Skalierung der Stratifizierungsparameter bzw. der Fragestellung abhängig. Bei einem Wahlverfahren wird ein AML angelegt, das die entsprechenden ARC/Info-Anweisungen zur Darstellung der gewählten Flächen bzw. Punkte enthält. So besteht die Möglichkeit der raschen Erstellung einer Arbeitskarte bzw. die Ausgabe der Koordinaten der Aufnahmepunkte für die Freilanderhebung.

VEGSYS: Das System zur computergestützten Auswertung der Vegetationsaufnahmen bestand größtenteils aus von den Autoren konzipierten und entwickelten Programmen und aus für PCs adaptierten Versionen bekannter Standardprogramme, wie z.B. TWINSPAN (HILL 1979). Die zentralen Elemente dieses Programmsystems sind die vom Erstautor erstellten Programme VEGI (Tabellenerstellungsprogramm), ECOVEG (Interpretation der Zeigerwerte nach ELLENBERG mit Schnittstelle zu ARC/Info) und MULTI (Programm zur Clusteranalyse von Vegetationsdaten).

Versuchsaufbau

Auf der Basis der bereits vorgestellten Freilandarbeit, die eine nahezu flächendeckende Vegetationserhebung zum Inhalt hatte, bestand die Möglichkeit, unterschiedliche Sampling-Design-Szenarien mit anschließender simulierter „Freilanderhebung" durchzurechnen, verbunden mit der Auswertung des Aufnahmematerials. Als Vergleichsdatensatz wurde jeweils der Standarddatensatz (= Grundgesamtheit) verwendet.

Vorgang des Stratifizierens

Für die Stratifizierung wurden drei unterschiedliche Zugänge gewählt, die es in der Folge zu vergleichen galt.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Stratifizieren mit einem Höhenmodell

Aus der Verschneidung der drei Polygonkarten, die als primäre Flächenqualitäten die Standortfaktoren Exposition (4stufige Windrose), Höhe (25-Meter-Klassen) und Inklination (3 %, 5 %, 10 %, 15 % 25 %, 40 %, 60 %) aufweisen, resultierten 81 Straten, die sich auf 182 Flächen aufteilten. Die Einzelflächen eines Stratums weisen in bezug auf die drei Standortfaktoren identische Bedingungen auf.

In einem weiteren Bearbeitungsschritt wurde diese hohe Anzahl an Straten zu Stratengruppen gebündelt. Die hier gewählte Strategie zur Gruppierung war die Clusteranalyse (mit MULTI: Methode: farest neighbour clustering), in die die drei Standortfaktoren eingehen.

Stratifizieren durch stereoskopische Luftbildinterpretation

Mit Methoden der stereoskopischen Luftbildinterpretation wurden Straten abgegrenzt. Diese Straten repräsentieren vor allem die unterschiedlichen Nutzungsregime.

Stratifizieren durch Kombination der aus der Auswertung des Höhenmodells und der Luftbildauswertung gewonnenen Straten

Bei diesem Ansatz wurden die Flächenqualitäten der Analyse des Höhenmodells und die der stereoskopischen Luftbildinterpretation kombiniert.

Durchführung der verschiedenen Ansätze des Sampling-Designs (Abb. 1)

Mit den vorgestellten EDV-Werkzeugen konnten nun verschiedenste Sampling-Design-Szenarien durchgerechnet und vergleichend dargestellt werden.

Entscheidend für die Versuchsausführung war das Programm STRATRAN. In der vorliegenden Arbeit wurden die Mittelpunkte der Rasterflächen mit den Straten verschnitten. Die Anzahl der zu wählenden Flächen bzw. Punkte pro Stratum wird vom Anwender vorgegeben. Bei der vorliegenden Arbeit wurde das Programm in der Form genutzt, daß je 10 Versuchsläufe pro vorgegebener, zufällig zu wählender Anzahl an Aufnahmen pro Stratum ausgeführt wurden. Zu prüfen war, wie oft die 15 Syntaxone (s. Ergebnisse: Synsystematik) bei je einem derartigen Versuchslauf durch Aufnahmen repräsentiert wurden. Als Vorgabe wurden je eine, zwei, drei und vier bzw. 5 %, 10 % und 25 % aller Aufnahmen eines Stratums gewählt. Als Prüfgrößen dienten der Median und die Anzahl der Versuchsläufe, die keine Aufnahme für das jeweilige Syntaxon lieferten (Tab. 2-4).

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

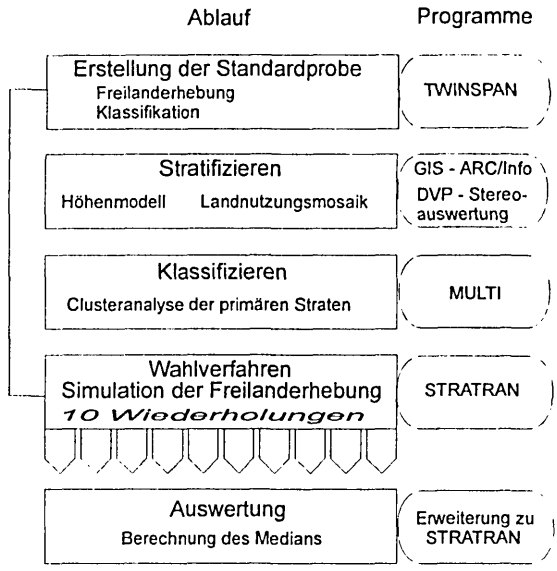

Abb. 1: Darstellung des Versuchablaufes mit Freilanderhebung, Stichprobenwahl, Simulation der Freilanderhebung und deren Auswertung. – Experimental design consisting of real sampling of relevés, sampling design, simulation of the sampling of relevés and the evaluation of each sample.

Die aus den Wahlverfahren resultierende „Felderhebung" wurde für die empirischen Vergleiche nur simuliert, da durch die flächendeckende Erhebung bereits für alle Aufnahmepunkte eine Vegetationsaufnahme vorlag.

Ergebnisse

Ergebnisse der Vegetationsklassifizierung auf der Basis der Grundgesamtheit (Tab. 1)

Die Klassifizierung der 165 Vegetationsaufnahmen teilt das Aufnahmenmaterial in zwei Gruppen mit Wiesen- und Hochstaudenbeständen. Die Wiese ist ferner in drei Untereinheiten (hier Subassoziationen) und diese wiederum in Varianten aufzugliedern. Da in dieser Arbeit die Syntaxonomie nicht im Vordergrund steht, sind diese Varianten nur taxativ aufgelistet. Ihre floristische Eigenständigkeit wird durch das Hervorheben der charakterisierenden Arten dargestellt. Als wesentlich bei der Beurteilung der hier vorliegenden floristischen Klassifikation ist zu beachten, daß zur Unterscheidung der Subassoziationen eher qualitative Merkmale, für die Unterscheidung der Varianten dagegen quantitative Merkmale bestimmend sind.

Tab. 1: Synthetische Tabelle der untersuchten Gesellschaft Campanula beckianae-Agrostietum tenuis und der zweiten im Untersuchungsgebiet vorgefundenen Gesellschaft Chaerophylletum aurei. Die Tabelle umfaßt nur die wichtigsten Arten. Die Gesamtartenanzahl beträgt 210 Arten. – Synthetic table of the association Campanula beckianae-Agrostietum tenuis and the second association found here, Chaerophylletum aurei. The table includes only the most important species. The total number of species is 210.

	a1	a2	a3	b1	b2	b3	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	d1
Anzahl der Aufnahmen	7	7	8	16	15	8	18	7	10	14	23	3	8	14	7
durchs. Artenanz./Aufn.	26.6	27.9	30.4	24.7	27.5	24.1	25.6	26.4	21.0	24.2	25.6	27.0	23.8	21.5	19.5
Ass. Ch. Campanula beckianae-Agrostietum tenuis															
Campanula beckiana	V^2	V^2	V^2	V^2	V^2	V^2	V^2	IV^2	IV^2	V^2	V^2	V^3	IV^2	V^2	II^1
Diff.a nardetosum strictae															
Nardus stricta	$\underline{V}^5$	V^5	V^5	.	.	.	.	I^1	.	.	.	.	.	.	.
Vaccinium myrtillus	II^1	$\underline{V}^4$	II^1	.	I^1	I^1	I^1	I^1	.	I^1	I^1	.	.	.	.
Arnica montana	.	$\underline{V}^2$	V^2	I^1	.	.	I^1	.	.	.	I^1	.	.	.	.
Diff.c seslerietosum variae															
Sesleria albicans	.	.	V^3	V^3	V^3	V^3	.	.	I^1	I^1	I^1	.	.	.	.
Galium anisophyllum	V^2	V^2	V^2	III^1	V^2	IV^2	IV^2	III^1	I^1	II^1	I^1	.	I^1	II^1	.
Koeleria pyramidata	.	.	IV^1	III^1	V^2	IV^2	II^1	.	I^1	.	I^1	.	I^1	II^1	.
Angelica sylvestris	.	.	.	.	$\underline{V}^3$	III^1	II^1	I^1	.	.	.	IV^1	II^1	III^1	II^1
Poa alpina	II^1	I^1	II^1	.	.	$\underline{V}^3$	.	.	.	.	.	.	.	II^1	.
Diff.c typissche Subass.															
Poa hybrida	.	I^1	I^1	II^1	.	I^1	I^1	V^3	IV^3	V^4	V^4	V^2	IV^2	I^1	IV^1
Deschampsia cespitosa	IV^2	I^1	I^1	II^1	III^2	II^2	$\underline{V}^5$	$\underline{V}^4$	.	.	I^1	.	I^1	$\underline{V}^5$	II^1
Cardaminopsis halleri	.	.	.	.	.	.	I^1	.	$\underline{III}^2$	III^1	.	.	.	.	.
Lotus corniculatus	IV2	III^1	IV^2	III^1	IV^2	IV^1	II^1	$\underline{V}^2$	V^3	III^1	I^1	IV^2	II^1		
Geranium sylvaticum	I^1	II^1	I^1	II^1	II^1	II^1	IV^2	IV^2	$\underline{V}^3$	$\underline{V}^4$	V^3	$\underline{IV}^3$	V^3	III^2	III^1
Luzula sylvatica	III^1	III^2	II^1	I^1	I^1	I^1	I^1	II^1	.	$\underline{V}^4$	$\underline{V}^4$	.	I^1	II^1	II^1
Senecio ovatus	I^1	.	I^1	II^1	IV^1	II^1	IV^1	III^1	I^1	.	$\underline{V}^3$	$\underline{V}^4$	$\underline{V}^3$	$\underline{V}^4$	V^1
Poa nemoralis	II^1	.	II^1	II^1	III^2	.	II^1	I^1	.	.	I^1	.	$\underline{V}^4$	.	.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Ass. Ch. Chaerophylletum aurei															
Chaerophyllum aureum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I^{1}	I^{1}	.	I^{1}	I^{1}	IV^{1}
Lamium maculatum	.	.	.	I^{1}	.	.	.	.	.	.	II^{1}	.	.	I^{1}	IV^{1}
V. Ch. Polygono-Trisetion															
Achillea millefolium	V^{2}	V^{3}	IV^{2}	V^{2}	V^{2}	V^{3}	V^{2}	V^{2}	IV^{2}	III^{2}	V^{2}	IV^{2}	IV^{2}	IV^{2}	.
Knautia dipsacifolia	V^{2}	III^{1}	IV^{2}	IV^{2}	III^{1}	II^{1}	IV^{3}	III^{2}	IV^{3}	V^{3}	V^{3}	IV^{2}	IV^{2}	III^{2}	III^{1}
Crepis mollis	IV^{2}	V^{2}	III^{1}	II^{1}	III^{1}	IV^{1}	IV^{2}	III^{1}	IV^{2}	I^{1}	II^{1}	.	I^{1}	III^{1}	.
O. Ch. Arrhenatheretalia															
Agrostis tenuis	V^{4}	V^{4}	V^{5}	V^{4}	IV^{3}	V^{4}	V^{4}	V^{4}	V^{4}	V^{5}	V^{4}	V^{5}	II^{1}	V^{3}	V^{1}
Pimpinella major	V^{3}	V^{2}	IV^{2}	V^{4}	V^{4}	V^{4}	IV^{3}	V^{4}	IV^{3}	V^{3}	V^{3}	V^{4}	V^{4}	V^{4}	IV^{1}
Rumex acetosa	V^{3}	III^{1}	III^{1}	III^{1}	IV^{2}	II^{1}	V^{3}	V^{2}	V^{2}	III^{1}	IV^{1}	V^{4}	V^{2}	V^{3}	IV^{1}
Alchemilla vulgaris	V^{3}	I^{1}	IV^{1}	III^{1}	IV^{2}	V^{3}	V^{2}	V^{2}	IV^{2}	IV^{2}	IV^{2}	.	.	IV^{2}	II^{1}
Stellaria graminaea	.	II^{1}	.	III^{1}	I^{1}	II^{1}	II^{1}	III^{1}	.	II^{1}	IV^{2}	V^{3}	II^{1}	I^{1}	.
Knautia arvensis	.	.	.	I^{1}	.	.	I^{1}	II^{1}	I^{1}	II^{1}	I^{1}	II^{1}	I^{1}	I^{1}	.
K. Ch. Molinio-Arrhenathereta															
Dactylis glomerata	V^{4}	III^{2}	II^{1}	IV^{2}	IV^{2}	II^{1}	V^{4}	V^{3}	V^{3}	IV^{3}	V^{4}	V^{4}	V^{5}	V^{4}	V^{1}
Festuca diffusa	V^{3}	V^{3}	V^{4}	IV^{3}	V^{4}	V^{4}	V^{3}	III^{1}	V^{3}	III^{2}	III^{1}	V^{5}	III^{2}	III^{2}	II^{1}
Hypericum maculatum	IV^{2}	V^{2}	III^{1}	IV^{2}	IV^{2}	IV^{2}	IV^{3}	V^{3}	IV^{3}	V^{3}	IV^{2}	V^{3}	V^{3}	IV^{2}	III^{1}
Veronica chamaedrys	V^{2}	V^{2}	V^{2}	III^{1}	II^{1}	.	IV^{2}	IV^{2}	IV^{2}	V^{2}	V^{2}	II^{1}	V^{2}	III^{2}	III^{1}
Centaurea jacea	IV^{2}	.	III^{1}	III^{1}	I^{1}	II^{1}	III^{1}	III^{1}	II^{1}	III^{1}	IV^{2}	II^{1}	III^{2}	II^{1}	.
Ranunculus acris	IV^{2}	II^{1}	IV^{2}	II^{1}	IV^{2}	IV^{2}	III^{1}	II^{1}	II^{1}	II^{1}	I^{1}	IV^{2}	I^{1}	II^{1}	.
Thymus pulegioides	III^{1}	III^{1}	IV^{1}	II^{1}	II^{1}	V^{2}	II^{1}	II^{1}	.	I^{1}	.	.	.	I^{1}	.
Anthoxanthum odoratum	III^{1}	III^{1}	V^{2}	III^{1}	I^{1}	II^{1}	I^{1}	III^{1}	I^{1}	.	I^{1}	.	.	.	.
Trisetum flavescens	I^{1}	.	.	II^{1}	.	II^{1}	I^{1}	II^{1}	II^{1}	II^{1}	I^{1}	II^{1}	I^{1}	I^{1}	I^{1}
K. Ch. Festuco-Brometea															
Cirsium erisithales	V^{3}	V^{2}	V^{3}	V^{2}	III^{2}	I^{1}	IV^{2}	IV^{2}	III^{2}	V^{4}	V^{4}	V^{3}	V^{2}	III^{1}	III^{1}
Carlina acaulis	III^{1}	V^{3}	II^{1}	IV^{1}	V^{2}	II^{1}	III^{1}	IV^{2}	II^{1}	IV^{2}	III^{1}	IV^{1}	V^{2}	II^{1}	.
K. Ch. Betulo-Adenostyletea															
Astrantia major	V^{3}	V^{2}	V^{3}	V^{3}	IV^{2}	IV^{2}	IV^{3}	IV^{2}	III^{1}	IV^{2}	V^{3}	V^{4}	V^{3}	III^{2}	I^{1}
Veratrum album	V^{3}	V^{4}	V^{3}	II^{1}	I^{1}	II^{1}	IV^{2}	IV^{2}	III^{2}	V^{3}	V^{3}	V^{3}	IV^{2}	IV^{2}	III^{1}
Crepis pyrenaica	III^{1}	III^{1}	I^{1}	IV^{1}	I^{1}	.	I^{1}	III^{1}	III^{1}	III^{1}	IV^{1}	IV^{1}	II^{1}	II^{1}	.
V. Ch. Fagion															
Polygonatum verticillatum	IV^{3}	III^{3}	V^{4}	III^{2}	IV^{2}	II^{1}	IV^{3}	III^{3}	III^{2}	V^{2}	IV^{2}	IV^{2}	V^{4}	III^{3}	II^{1}
Mercurialis perennis	II^{1}	I^{1}	II^{1}	II^{1}	II^{1}	.	II^{1}	I^{1}	II^{2}	IV^{3}	IV^{2}	V^{3}	IV^{2}	I^{1}	III^{1}
Centaurea montana	III^{1}	II^{1}	II^{1}	II^{1}	II^{1}	II^{1}	II^{1}	II^{1}	I^{1}	I^{1}	I^{1}	IV^{3}	III^{1}	III^{1}	III^{1}

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Die Pflanzengesellschaften des Untersuchungsgebietes sind syntaxonomisch folgendermaßen zu fassen:

Klasse: Molinio-Arrhenatheretea TX. 1937
Ordnung: Poo alpinae-Trisetalia ELLMAUER & MUCINA 1993
Verband: Polygono-Trisetion BR.-BL. & TX. ex MARSCHALL 1947 nom. inv.
Assoziation: Campanula beckianae-Agrostietum tenuis ass. nov. hoc loco

Subassoziation: nardetosum strictae
a1: typische Variante
a2: Variante mit *Arnica montana* – *Vaccinium myrtillus*
a3: Variante mit *Sesleria albicans*

Subassoziation: seslerietosum variae
b1: typische Variante
b2: Variante mit *Angelica sylvestris*
b3: Variante mit *Poa alpina*

Typische Subassoziation
c1: Variante mit *Deschampsia cespitosa*
c2: Variante mit *Deschampsia cespitosa* – *Lotus corniculatus*
c3: Variante mit *Geranium sylvaticum* – *Cardaminopsis halleri*
c4: Variante mit *Geranium sylvaticum* – *Luzula sylvatica*
c5: Variante mit *Senecio ovatus* – *Luzula sylvatica*
c6: Variante mit *Senecio ovatus* – *Geranium sylvaticum*
c7: Variante mit *Senecio ovatus* – *Poa nemoralis*
c8: Variante mit *Senecio ovatus* – *Deschampsia cespitosa*

Klasse: Artemisietea vulgaris LOHM., PRSG. & TX. in TX. 50
Ordnung: Glechometalia TX. in TX. & BRUN-HOOL 75
Verband: Aegopodion podagrariae TX. 67
Assoziation: Chaerophylletum aurei OBERD. 57

Nomenklatorischer Typus der Assoziation Campanula beckianae-Agrostietum tenuis ass. nov. hoc loco:

Fundort: Reisalpe, Niederösterreich, Österreich; Höhe: 1375 m; Neigung: 40°; Exposition: W.

Campanula beckiana (1), *Geranium sylvaticum* (1), *Poa hybrida* (2), *Gentiana pannonica* (+), *Luzula sylvatica* (4), *Senecio ovatus* (+), *Alchemilla vulgaris* (+), *Stellaria graminaea* (+), *Phleum rhaeticum* (2), *Knautia dipsacifolia* (1), *Viola biflora* (+), *Cirsium erisithales* (+), *Carlina acaulis* (+), *Aconitum variegatum* (1), *Agrostis tenuis* (1), *Pimpinella major* (+), *Rumex acetosa* (+), *Festuca diffusa* (1), *Hypericum maculatum* (2),

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Veronica chamaedrys (+), *Veratrum album* (+), *Thalictrum aquilegiifolium* (1), *Luzula luzuloides* (1), *Asarum europaeum* (+).

Syntaxonomie: Pflanzengesellschaften Österreichs (MUCINA, GRABHERR & ELLMAUER 1993). Nomenklatur: Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas (EHRENDORFER 1973).

Charakterisierung der Assoziation Campanula beckianae-Agrostietum tenuis (Tab. 1)

Diagnostische Artenkombination:
Kennart: *Campanula beckiana*
Trennart: *Poa hybrida*
Dominate und konstante Begleiter: *Agrostis tenuis* (subdominant), *Dactylis glomerata* (subdominant), *Festuca diffusa, Poa hybrida, Luzula luzuloides, Phleum rhaeticum, Alchemilla vulgaris, Achillea millefolium, Aconitum variegatum, Astrantia major, Centaurea jacea, Carlina acaulis, Cirsium erisithales, Hypericum maculatum, Knautia dipsacifolia, Mercurialis perennis, Pimpinella major, Polygonatum verticillatum, Rumex acetosa, Veratrum album, Veronica chamedrys, Viola biflora, Vicia cracca.*

Floristische Charakterisierung der Assoziation (Tab. 1)

Aufgrund der biogeographischen Lage als Refugialgebiete bzw. der spezifischen standörtlichen Bedingungen überrascht die große floristische Eigenständigkeit (vgl. Tab. 1) der untersuchten Wiese nicht. Die Wiese besitzt eine derartige floristische Eigenständigkeit, daß eine neue Assoziation beschrieben werden muß. Als Beispiele für diese Eigenständigkeit können Arten wie *Campanula beckiana, Festuca diffusa* und *Poa hybrida* gelten. Diese lokale Assoziation wird wegen des Vorherrschens der weitgehend endemischen Art *Campanula beckiana* als Campanulo beckianae-Agrostietum tenuis bezeichnet.

Geprägt wird diese Gesellschaft zum großen Teil von hochwüchsigen Gräsern wie *Poa hybrida, Deschampsia cespitosa, Dactylis glomerata* und einigen Weidezeigern wie *Veratrum album* und *Gentiana pannonica. Luzula sylvatica, Geranium sylvaticum, Polygonatum verticillatum* und *Mercurialis perennis* belegen das Einwandern von Waldsaumarten bzw. Waldarten in diese heute unternutzten Flächen. Für das Einwandern der Waldarten ist auf den schmalen Wiesenstreifen die Nähe des Waldes verantwortlich. Die klimatischen Bedingungen der Region lassen freilich auch eine hohe Anzahl von Nebeltagen erwarten, wodurch oft Lichtverhältnisse wie im Wald vorherrschen.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Synsystematik

Für die Beschreibung der synsystematischen Stellung der Aufnahmen aus dem Untersuchungsgebiet ist das völlige Fehlen von *Arrhenatherum elatius* von entscheidender Bedeutung. Diese Aufnahmen sind dadurch von der montanen *Alchemilla*-Form des Arrhenatheretum, als das man diese Aufnahmen auf den ersten Blick gerne bezeichnen würde, klar unterschieden (vgl. OBERDORFER 1977).

Dagegen erlaubt die Beschreibung der Ordnung Poo alpinae-Trisetalia ELLMAUER & MUCINA 1993 in den „Pflanzengesellschaften Österreichs" (MUCINA et al. [Ed.] 1993) die Zuordnung der hier beschriebenen Gesellschaften zu ebendieser Ordnung. Die meisten der Gesellschaften dieser Ordnung sind durchwegs Dauergesellschaften auf waldfähigen Standorten mit Kennarten, wie z.B *Agrostis tenuis* (transgressiv), *Poa alpina, Phleum rhaeticum,* und Trennarten, wie z.B. *Phyteuma orbiculare, Potentilla aurea, Ranunculus nemorosus, Soldanella alpina.* Als typisch für diese Ordnung beschreiben ELLMAUER & MUCINA (1993) die Tatsache, daß es aufgrund der verstärkten Niederschlagsmengen in den höheren Berglagen zu einer Auswaschung der Nährstoffe kommt. Darüber hinaus verlangsamt sich infolge des kühleren Klimas der Nährstoffkreislauf. Der Verband Polygono-Trisetion BR.-BL. & R. TX. ex MARSCHALL 1947 nom. inv. findet sich nun in der genannten Ordnung, und die hier beschriebene Gesellschaft ist diesem Verband zuzuordnen. Dafür spricht, daß viele Arten (*Aconitum variegatum, Astrantia major, Veratum album, Crepis pyrenaica* etc.) des Aufnahmenmaterials aus den Hochstaudenfluren stammen, wie es für diesen Verband typisch ist. Eine Zuordnung zur Assoziation Poo-Trisetum flavescentis KNAPP 51 em. lassen dagegen die Subdominaz von *Poa hybrida* bzw. die Dominanz von *Campanula beckiana* nicht zu.

Aufgrund der hohen Eindringungstiefe der vorliegenden Untersuchung ist eine detaillierte Differenzierung dieser Assoziation bis hin zu Varianten möglich und sinnvoll. Drei Subassoziationen und 14 Varianten können unterschieden werden (Tab. 1).

Ergebnis der Stratifizierung

Wird von möglichen Punkten der Straten in den folgenden Ausführungen gesprochen, so bezieht sich dies auf die rasterbezogenen Aufnahmepunkte (= zentraler Bereich der 20 × 20m-Quadrate), welche die Standardprobe aufbauen.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

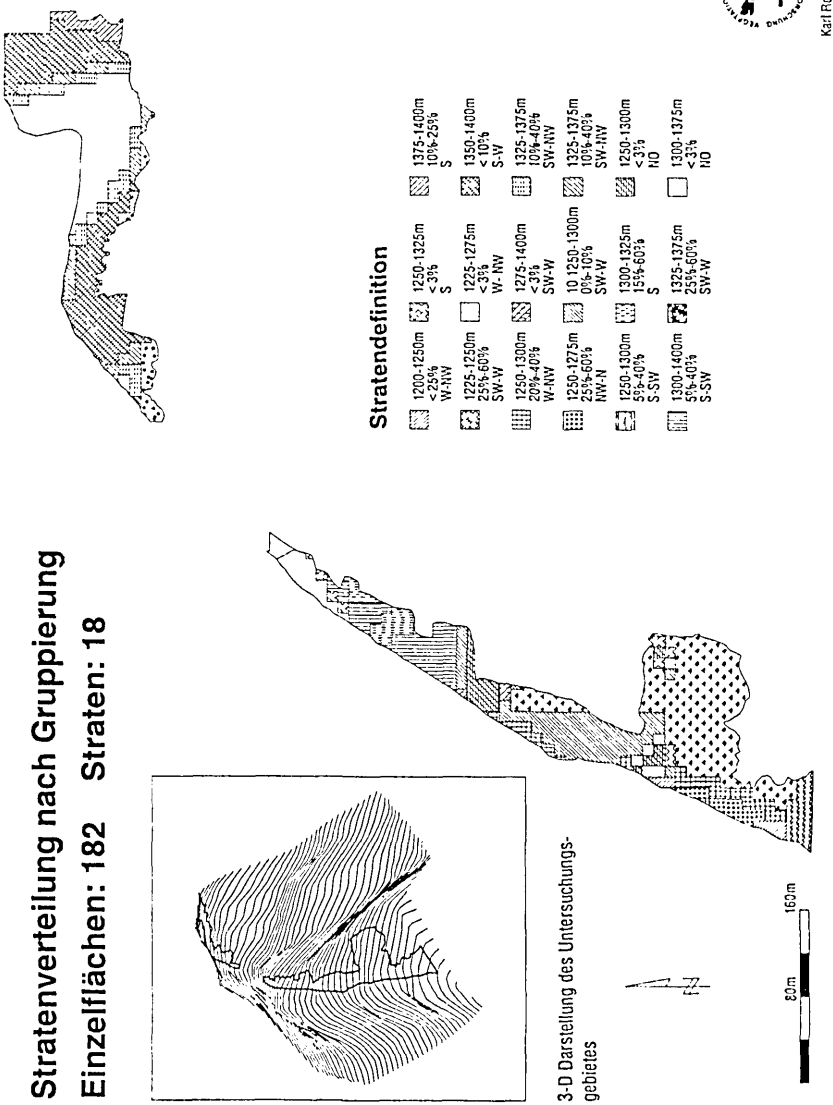

Abb. 2: Verteilung der 18 Straten auf die 165 Aufnahmeflächen, die sich aus der Klassifizierung von ursprünglich 81 Kombinationstypen ergeben. Diese wurden durch die Kombination der drei Flächenqualitäten Höhe, Exposition und Inklination gewonnen. – Distribution of the 18 strata to the 165 relevés, which are the result of the classification of the 81 original types. The types were the result of the combination of elevation, exposition and inclination.

Tab. 2: Stratenbasiertes Wahlverfahren durch Stratenbildung aus einem Höhenmodell. Darstellung der durchschnittlichen Aufnahmenanzahl (Median) pro Syntaxon bei je 10 Versuchsläufen bei unterschiedlichem Stichprobenentwurf mit ein, zwei, drei, vier Aufnahmen pro Stratum bzw. 5 %, 10 % und 25 % der Aufnahmen pro Stratum. Werte in kursiver Darstellung bedeuten, daß bei neun bzw. allen zehn Versuchsläufen das betreffende Syntaxon mit mindestens einer Aufnahme vertreten ist. – Strata-based sampling design based on a digital elevation model. Representation of the average amount of relevés (median) of each syntaxon represented by a series of 10 experiments for each type of sampling design; these types are the selection of one, two, three and four relevés per stratum, and the selection of 5 %, 10 % and 25 % of the relevés per stratum. Values in italics indicate that in nine or ten runs of the experiment the syntaxon is represented in at least one relevé.

		Ges.: Campanula beckianae - Agrostietum tenuis														Ges.:
		nardetosum strictae			seslerietosum variae			typische Subassoziation								
	Anzahl der Aufnahmen in der Grundgesamtheit	7	7	8	16	15	8	18	7	10	14	23	3	8	14	7
Anzahl bzw. prozentueller Anteil möglicher Aufnahmen pro Stratum	Anzahl der Aufnahmen	typische Variante	Var.m. *Arnica montana-Vaccinium myrtillus*	Var.m. *Sesleria albicans*	typische Variante	Var. m. *Angelica sylvestris*	Var. m. *Poa alpina*	Var. m. *Deschampsia cespitosa*	Var. m. *Deschampsia cespitosa-Lotus corniculatus*	Var. m. *Geranium sylvaticum-Cardamimopsis halleri*	Var. m. *Geranium sylvaticum-Luzula sylvatica*	Var. m. *Senecio ovatus-Luzula sylvatica*	Var. m. *Senecio ovatus-Geranium sylvaticum*	Var. m. *Senecio ovatus-Poa nemoralis*	Var. m. *Senecio ovatus-Deschampsia cespitosa*	Chaerophylletum aurei
1	16	*2*	1	*2*	*2*	*2*	1	*1*	1	1	1	*2*	1	1	1	1
2	32	*2*	*1*	*2*	*5*	*4*	1	*3*	*2*	*2*	1	*4*	1	1	*2*	1
3	45	*3*	*2*	*3*	*6*	*5*	1	*5*	*3*	*3*	*2*	*5*	1	*2*	*4*	*1*
4	58	*4*	*2*	*3*	*8*	*5*	*2*	*6*	*3*	*4*	*3*	*7*	*2*	*2*	*6*	*1*
5 %	17	*2*	1	*2*	*2*	*2*	1	*2*	1	1	1	2	1	1	*2*	1
10 %	23	*2*	1	*2*	*3*	*3*	1	*2*	1	2	1	*3*	1	1	*3*	1
25 %	47	*3*	*3*	*3*	*4*	*4*	*3*	*5*	*2*	*3*	*3*	*6*	*1*	*2*	*3*	*2*

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Tab. 3: Stratenbasiertes Wahlverfahren durch Stratenbildung aus einer Luftbildinterpretation. Darstellung der durchschnittlichen Aufnahmenanzahl (Median) pro Syntaxon bei je 10 Versuchsläufen bei unterschiedlichem Stichprobenentwurf mit ein, zwei, drei, vier Aufnahmen pro Stratum bzw. 5 %, 10 % und 25 % der Aufnahmen pro Stratum. Werte in kursiver Darstellung bedeuten, daß bei neun bzw. allen zehn Versuchsläufen das betreffende Syntaxon mit mindestens einer Aufnahme vertreten ist. – Strata-based sampling design based on the interpretation of an aerial photo. Representation of the average amount of relevés (median) of each syntaxon represented by a series of 10 experiments for each type of sampling design; these types are the selection of one, two, three and four relevés per stratum, and the selection of 5 %, 10 % and 25 % of the relevés per stratum. Values in italics indicate that in nine or ten runs of the experiment the syntaxon is represented in at least one relevé.

		Ges : Campanula beckianae - Agrostietum tenuis														Ges.:
		nardetosum strictae			seslerietosum variae			typische Subassoziation								
	Anzahl der Aufnahmen in der Grundgesamtheit	7	7	8	16	15	8	18	7	10	14	23	3	8	14	7
Anzahl bzw. prozentueller Anteil möglicher Aufnahmen pro Stratum	Anzahl der Aufnahmen	typische Variante	Var.m. *Arnica montana-Vaccinium myrtillus*	Var.m. *Sesleria albicans*	typische Variante	Var. m. *Angelica sylvestris*	Var. m. *Poa alpina*	Var. m. *Deschampsia cespitosa*	Var. m *Deschampsia cespitosa-Lotus corniculatus*	Var. m. *Geranium sylvaticum-Cardamomopsis halleri*	Var. m *Geranium sylvaticum-Luzula sylvatica*	Var. m. *Senecio ovatus-Luzula sylvatica*	Var. m. *Senecio ovatus-Geranium sylvaticum*	Var. m. *Senecio ovatus-Poa nemoralis*	Var. m. *Senecio ovatus-Deschampsia cespitosa*	Chaerophylletum aurei
1	7	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	*1*
2	14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	*2*	*1*
3	20	1	1	1	*2*	*1*	1	*2*	1	1	1	*2*	1	*2*	*2*	*2*
4	26	1	1	1	*3*	*2*	*2*	*2*	1	1	*2*	*3*	1	*3*	*2*	*2*
5 %	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*2*
10 %	18	1	1	1	1	*1*	1	*2*	1	*2*	1	*3*	1	1	2	*2*
25 %	43	1	*2*	*2*	*4*	*4*	*3*	*5*	2	*3*	*3*	*7*	1	*3*	*4*	*3*

Tab. 4: Stratenbasiertes Wahlverfahren durch Stratenbildung aus einem Höhenmodell und einer Luftbildinterpretation. Darstellung der durchschnittlichen Aufnahmenanzahl (Median) pro Syntaxon bei je 10 Versuchsläufen bei unterschiedlichem Stichprobenentwurf mit ein, zwei, drei, vier Aufnahmen pro Stratum bzw. 5 %, 10 % und 25 % der Aufnahmen pro Stratum. Werte in kursiver Darstellung bedeuten, daß bei neun bzw. allen zehn Versuchsläufen das betreffende Syntaxon mit mindestens einer Aufnahme vertreten ist. – Strata-based sampling design based on a digital elevation model and the interpretation of an aerial photo. Representation of the average amount of relevés (median) of each syntaxon represented by a series of 10 experiments for each type of sampling design; these types are the selection of one, two, three and four relevés per stratum, and the selection of 5 %, 10 % and 25 % of the relevés per stratum. Values in italics indicate that in nine or ten runs of the experiment the syntaxon is represented in at least one relevé.

		Ges : Campanula beckianae - Agrostietum tenuis														Ges.:
		nardetosum strictae			seslerietosum variae			typische Subassoziation								
	Anzahl der Aufnahmen in der Grundgesamtheit	7	7	8	16	15	8	18	7	10	14	23	3	8	14	7
Anzahl bzw prozentueller Anteil möglicher Aufnahmen pro Stratum	Anzahl der Aufnahmen	typische Variante	Var.m. *Arnica montana-Vaccinium myrtillus*	Var.m. *Sesleria albicans*	typische Variante	Var. m. *Angelica sylvestris*	Var. m. *Poa alpina*	Var. m. *Deschampsia cespitosa*	Var. m. *Deschampsia cespitosa-Lotus corniculatus*	Var. m. *Geranium sylvaticum-Carduumopsis halleri*	Var m. *Geranium sylvaticum-Luzula sylvatica*	Var. m. *Senecio ovatus-Luzula sylvatica*	Var. m. *Senecio ovatus-Geranium sylvaticum*	Var. m. *Senecio ovatus-Poa nemoralis*	Var. m. *Senecio ovatus-Deschampsia cespitosa*	Chaerophylletum aurei
1	38	*2*	*1*	*2*	*4*	*4*	*2*	*4*	*2*	*2*	*2*	*6*	1	*1*	*3*	*2*
2	69	*3*	*3*	*4*	*10*	*5*	*3*	*7*	*2*	*7*	*4*	*8*	1	*4*	*7*	*2*
3	89	*4*	*4*	*4*	*12*	*7*	*4*	*11*	*4*	*7*	*5*	*10*	*1*	*4*	*8*	*3*
4	103	*4*	*5*	*6*	*14*	*7*	*4*	*14*	*5*	*7*	*5*	*13*	*1*	*5*	*10*	*3*
5%	38	*2*	*1*	*2*	*4*	*4*	*2*	*4*	*2*	*2*	*2*	*6*	*1*	*1*	*3*	*2*
10%	40	*2*	*2*	*2*	*4*	*4*	*2*	*4*	*2*	*2*	*3*	*6*	1	*2*	*3*	*2*
25%	57	*2*	*3*	*3*	*6*	*6*	*3*	*6*	*2*	*3*	*5*	*9*	1	*2*	*4*	*2*

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Bei der Interpretation der Tabellen 2-4 ist zu bedenken, daß nicht jedes Stratum die vorgegebene Anzahl an zu wählenden Aufnahmen enthält. Auch die Quersumme der Mediane muß nicht mit der absoluten Summe der zu wählenden Aufnahmen bei einem Versuchslauf übereinstimmen.

Bildung der Straten aus dem Höhenmodell (Tab. 2)

Mit der Gruppierung der durch das Verfahren der Verschneidung der Faktoren Höhe, Exposition und Inklination gebildeten primären Straten ist eine sinnvolle Punktwahl möglich. So wurden die 81 Straten durch die Klassifikation auf 18 „Typen" reduziert. Allerdings sind zwei der 18 Straten so klein, daß diese keine ausreichende Flächengröße für eine sinnvolle Aufnahmenplazierung besitzen. So bilden 16 Straten das Ergebnis der Verschneidung und der anschließenden Klassifizierung der Verschneidungsergebnisse und sind somit die Grundlage des Auswahlverfahrens (Abb. 2). Erst ab der Wahl von drei Aufnahmen (Tab. 2: Zeile 3) pro Stratum besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, daß jedes Syntaxon durch mindestens eine Aufnahme vertreten ist. Nur in zwei Fällen wird die Forderung nicht erfüllt, daß in mindestens neun Versuchsläufen jedes Syntaxon durch eine Aufnahme vertreten sein muß. Die drei Subassoziationen der ersten Assoziation und die zweite erhobene Assoziation werden jedoch schon bei der Wahl von nur einer Aufnahme pro Stratum erfaßt.

Bildung der Straten durch Bildanalyse (Tab. 3)

Durch die Interpretation des Luftbildes der Untersuchungsregion konnten sieben Einheiten unterschieden werden. Diese haben ihren Ursprung in der sehr unterschiedlichen Nutzung und sind auch nicht immer auf einen bestimmten Bereich konzentriert. Faktoren sind vor allem die unterschiedlichen Mahdregime. So werden Bereiche unterschieden, die jährlich, fakultativ oder seit mindestens 25 Jahren nicht mehr gemäht werden. Bei der Vorgabe von vier zufällig zu wählenden Aufnahmen pro Stratum werden die meisten Syntaxone in jedem Versuchslauf erfaßt. Befriedigend ist jedoch das Wahlverfahren auch auf dieser Stufe noch nicht, da für sechs Syntaxone die Forderung nach einer Belegung jedes Syntaxons bei neun von zehn Versuchsläufen nicht erfüllt wird. Nur bei 43 Aufnahmen (= 25 % aller Aufnahmen pro Stratum) wird wenigstens jede Subassoziation zuverlässig erfaßt. Hinsichtlich der Varianten konnte mit keinem der Wahlverfahren ein befriedigendes Ergebnis erzielt werden. Auffällig ist jedoch die Tatsache, daß z.B. die Assoziation Chaerophylletum aureii, die nur mit einer geringen Anzahl von Aufnahmen in der Gesamterhebung vertreten ist (sieben Aufnahmen), mit einer hohen Wahrscheinlichkeit auch bei geringster Aufnahmenzahl verläßlich gewählt wird.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Bildung der Straten aus Höhenmodell und Bildanalyse (Tab. 4)

Die weitere Verschneidung der primären Straten mit dem Ergebnis der Luftbildinterpretation würde 185 Straten ergeben, eine Anzahl, die höher ist als die Grundgesamtheit der Aufnahmen. Auch in diesem Fall bilden – entsprechend dem obigen Ergebnis – 16 Straten die Grundlage der Höhenmodellauswertung. Durch die Kombination der Informationen aus dem Höhenmodell und der Luftbildinterpretation werden 38 Straten ausgeschieden. Deshalb müssen mindestens 38 Aufnahmen im Untersuchungsgebiet erhoben werden. Mit dieser Anzahl werden bei der vorliegenden Stratenbildung mit einer Ausnahme (Variante c6, s. Tab. 1) alle Syntaxone erfaßt.

Diskussion

Der Vergleich der drei hier vorgestellten Wahlverfahren zeigt, daß zwischen 30 und 40 Aufnahmen (Tab. 2-4) als ausreichend zur Beschreibung der Variabilität der Vegetation bei einer Grundgesamtheit von 165 Aufnahmen gelten können. Die Wahlverfahren unter Einbeziehung des Musters der Landnutzung liefern wohl das beste Ergebnis. Jedoch muß bedacht werden, daß Höhenmodelle meist in einer relativ guten Qualität bereits fertig vorliegen bzw. das Produkt eines weitgehend objektiven Verfahrens sind, da diese Modelle von „Maschinen" erzeugt werden. Dagegen ist die Luftbildinterpretation als Grundlage des Wahlverfahrens von subjektiven Einflüssen niemals frei. Hervorzuheben ist die Tatsache, daß zur Erfassung von Gruppen, die auf rein qualitativer floristischer Basis erstellt wurden, also hier auf der der Subassoziationen, bereits eine geringere Aufnahmenanzahl ausreicht. Schon bei der Wahl nur einer Aufnahme pro Stratum war hier eine hohe Sicherheit gewährleistet. Sofern das Höhenmodell allein die Grundlage der Stratenbildung darstellt, werden die quantitativen Unterschiede eher berücksichtigt (s. Varianten a1 bis a3 in Tab. 1). Im Falle des Landnutzungsmosaiks als Grundlage der Stratenbildung werden eher qualitative Unterschiede berücksichtigt (vgl. Assoziation d1 aus Tab. 2 mit Tab. 1). Erst bei der Kombination beider Ansätze (s. Tab. 3) treten diese Unterschiede in den Hintergrund.

Die Klassifikation der primären Straten erscheint auf den ersten Blick vielleicht sinnlos, da auch die Möglichkeit einer gröberen Skalierung der Standortfaktoren bestehen würde. In Abbildung 2 läßt sich jedoch erkennen, daß tatsächlich Klassen gebildet werden, die die einzelnen Standortfaktoren, teilweise, sehr weit oder, in anderen Fällen, sehr eng fassen können (z.B.: Inklination < 3 % oder Inklination 15-60 %). Bei einer Änderung in der

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Skalierung würde diese Tatsache nicht berücksichtigt werden. Aus unserer Klassifikation resultiert ein für die Freilandarbeit vertretbares Verhältnis von zeitlichem Aufwand zu Erhebungssicherheit.

Der Vorteil stratenbasierter Wahlverfahren wird durch die Tatsache untermauert, daß demgegenüber bei einer zufallsbedingten Wahl über das gesamte Untersuchungsgebiet erst etwa 55 Aufnahmepunkte als ausreichend zur Erfassung der 15 Syntaxone gelten können (REITER 1993). Diese Anzahl ist bei den hier vorgestellten Wahlverfahren niemals nötig.

Bei der Vorgabe eines prozentuellen Anteils an zu wählenden Aufnahmen pro Stratum werden solche mit hoher Anzahl an möglichen Stichprobenpunkten (= Straten mit großer Fläche) überrepräsentiert und andere mit wenigen Punkten demgegenüber unterrepräsentiert. Daher liegt der Schluß nahe, daß die Vorgabe einer absoluten Anzahl an zu wählenden Stichprobenpunkten pro Stratum zu bevorzugen ist.

Schlußbemerkung

Die hier vorgestellten Verfahren wurden und werden in zahlreichen Projekten angewendet. Als Beispiel dafür gelten die Erforschung der Hemerobie österreichischer Waldökosysteme (GRABHERR et al. 1995, REITER & KIRCHMEIR 1997), landschaftsökologischer Strukturmerkmale als Indikatoren der Nachhaltigkeit (REITER et al. 1997) und eine Vielzahl von Diplomarbeiten vor allem im Bereich der Kulturlandschaftsforschung.

Wenn eine Vegetationserhebung auch als eine der Grundlagen naturschutzfachlicher Beurteilung gelten soll – eine Tatsache, die heute immer mehr in den Mittelpunkt vegetationskundlicher Untersuchungen rückt –, so ist es ein unbedingtes Muß, methodische Ansätze zu liefern, die nachvollziehbare und in der Folge nachprüfbare Ergebnisse liefern. Nicht nur für die Analyse der erhobenen Daten, sondern bereits für die Datenerhebung besteht die Forderung nach Verfahren, die die Vorgehensweise des Untersuchers klar und für andere reproduzierbar machen (vgl. WILDI 1994).

Die Stratifizierung räumlicher Faktoren gibt uns mit zugegebenermaßen hohem Geräteaufwand – bei freilich eher geringem Geländebedarf – eine relativ hohe Ergebnissicherheit (Objektivität). Die Erfahrungen aus der hier vorgelegten Studie und verschiedenen anderen Arbeiten mit ähnlicher Vorgehensweise bei der Probenpunktwahl erlauben eine positive Beurteilung dieses Wahlverfahrens.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Literatur

BRAUN-BLANQUET J., 1964: Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 3. Aufl. Springer, Wien.

DIERSCHKE H., 1996: Pflanzensoziologie. E. Ulmer, Stuttgart.

DIERSSEN K., 1990: Einführung in die Pflanzensoziologie. Akademie-Verlag, Berlin.

EHRENDORFER F., 1973: Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. G. Fischer, Stuttgart.

ELLENBERG H., 1979: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. 2. Aufl. Scripta Geobot. (Göttingen) 9, 122 pp.

ELLMAUER T. & MUCINA L., 1993: Molinio-Arrhenatheretea. In: MUCINA L., GRABHERR G. & ELLMAUER T. (Ed.), Die Pflanzengesellschaften Österreichs, Teil I: Anthropogene Vegetation; p. 297-385. G. Fischer, Jena.

FUSSENEGGER K., 1995: Integration vegetationsökologischer Daten in ein GIS am Beispiel der Verbreitungskarte der potentiell natürlichen Waldvegetation Vorarlbergs. Diplomarbeit Univ. Wien.

GAUCH H. G., JR., 1982: Multivariate analysis in community ecology. 298 pp. Series: BECK E., BRIKS M. J. B. & CONNOR E. F. (Eds.), Cambridge studies in Ecology. Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne.

GRABHERR G., 1985: Numerische Klassifikation und Ordination in der alpinen Vegetationsökologie als Beitrag zur Verknüpfung moderner „Computermethoden" mit der pflanzensoziologischen Tradition. Tuexenia (Mitt. flor.-soziol. Arbeitsgem.) 5, 181-190.

GRABHERR G., KOCH G., KIRCHMEIR H. & REITER K., 1995: Hemerobie österreichischer Waldökosysteme – Vorstellung eines Forschungsvorhabens im Rahmen des österreichischen Beitrags zum MAB-Programm der UNESCO. Z. Ökol. Natursch. 4 (1995), 131-136.

GREIG-SMITH P., 1964: Quantitative plant ecology: p. 20-53. 2rd Ed. Butterworths, London.

GREIG-SMITH P., 1983: Quantitative plant ecology. 3rd Ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, Edinburgh.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

GRÜNIG A., 1978: Die Vegetation im Flachseegebiet. Jahresber. Stiftung Rheintal 15, 16-23.

HILL M. O., 1979: TWINSPAN: A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Cornell University, Ithaca (N. Y.).

KENKEL N., JUHASZ-NAGY P. & PODANI J., 1990: On sampling procedures in population and community ecology. In: GRABHERR G., MUCINA L., DALE M. B. & TER BRAAK C. J. F. (Eds.), Vegetatio 83, Progress in theoretical vegetation science, p. 195-208. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.

KERSHAW K. A. & LOONEY J. H., 1985: Quantitative and dynamic plant ecology: p. 17-33. 3rd Ed. E. Arnold, London.

LICHTENECKER N., 1926: Die Rax. Geogr. Jahresber. Österr. 13, 150-170.

MÜLLER-DOMBOIS D. & ELLENBERG H., 1974: Aims and methods of vegetation ecology: p. 547. John Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto.

MÜHLENBERG M., 1989: Freilandökologie: p. 210-216. 2. Aufl. UTB: Bd. 595. Quelle & Meyer.

OBERDORFER E., 1978: Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil 2, 2A. 2., stark bearb. Aufl. G. Fischer, Stuttgart.

ORLOCI L. & STANEK W., 1980: Vegetation survey of the Alaska Highway, Yukon Territory: types and gradients. Vegetatio 41 (1), 1-56.

RAPER J. F. & KELK B., 1991: Three-dimensional GIS. In: MAGURIE D., GOODCHILD M. & RHIND W. (Eds.), Geographical information systems, p. 299-317. Longmann Scientific & Technical, Burnt Mill, Harlon.

REITER K., 1993: Computergestützte Methoden in der Vegetationsökologie unter besonderer Berücksichtigung der Stichprobenplanung mit Unterstützung eines geographischen Informationssystems. Diss. Univ. Wien.

REITER K. & KIRCHMEIR H. 1997: Geoinformationssysteme im Lichte der Hemerobiebewertung. Österr. Forstzeitung 1997, Nr. 1, 27-29.

REITER K., WRBKA T. & FUSSENEGGER K., 1997: Die Stichprobenwahl als eine der Grundlagen eines österreichweiten landschaftsökologischen Projekts. In: Tagungsband zur 2. Tagung Biotopkartierung im Alpenraum, Salzburg.

© Zool.-Bot. Ges. Österreich, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

SCHALLER J. & DANGERMOND J., 1991: Geographische Informationssysteme als Hilfsmittel der ökologischen Forschung und Planung. Verh. GFÖ 20/2, p. 651-662.

SCHNEIDER W., 1992: Luftbildwesen. Eine Einführung für Landschaftsplaner. Skriptum zur Vorlesung. Institut für Vermessungswesen und Fernerkundung, Univ. Bodenkultur Wien.

SOUTHWOOD T. R. E., 1978: Ecological methods – with particular reference to the study of insect population: p. 524. Chapman and Hall, London.

SPENGLER E., 1931: Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte der Republik Österreich, Blatt Schneeberg – St. Aegyd. Geol. Bundesanstalt, Wien.

WILDI O., 1986: Analyse vegetationskundlicher Daten, Theorie und Einsatz statistischer Methoden. Veröff. ETH Zürich: Heft 90, p. 25-42.

WILDI O., 1994: Versuchsplanung und Stichprobenverfahren. Univ. Zürich: Sommersemester 1994, Veranstaltung 03-314: Planung und Durchführung pflanzenökologischer Untersuchungen. Unveröff. Skriptum.

Manuskript eingelangt: 1997 04 07

Anschrift der Verfasser: Dr. Karl REITER und Univ.-Prof. Dr. Mag. Georg GRABHERR, Institut für Pflanzenphysiologie, Abteilung für Vegetationsökologie und Naturschutzforschung, Althanstraße 14, A-1091 Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Frueher: Verh.des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: 134

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

Artikel/Article: Digitale Höhenmodelle als Grundlagen der Stichprobenwahl bei Vegetationsanalysen389 389-412