

# Geoinformationssysteme bei der Hemerobiebewertung

KARL REITER  
HANNS KIRCHMEIR

Zur Erstellung der Stichprobe für das Projekt „Hemerobie österreichischer Waldökosysteme“ war ein kompliziertes methodisches Vorgehen nötig. Dies konnte nur durch die Unterstützung geographischer Informationssysteme bewerkstelligt werden. Ein Informations- und Analysesystem wurde durch die Kombination des Geographischen Informationssystems ARC/INFO mit anderen informationstechnologischen Methoden aufgebaut, welches das methodische Grundgerüst für das Projekt darstellte.

In einem Projekt, wo Daten mit räumlichen Bezug der Regelfall sind, ist der Einsatz von Informationstechnologien, die auf diese Tatsache ausgerichtet sind, eine Notwendigkeit. Eine erprobte Möglichkeit zur Abbildung räumlicher Bezüge beziehungsweise zur raumbezogenen Analyse bilden Geoinformationssysteme (GIS).

## GIS als übergeordnetes Informationssystem

Im Zuge der Hemerobiebewertung wurde

ein Informationssystem einerseits zur Datenakquisition, das heißt zur Schaffung der digitalen Grundkarten und zur Erstellung des Stichprobenplans verwendet, andererseits zur Interpolation der Hemerobiewerte der einzelnen Stichproben auf die gesamte Fläche des österreichischen Bundesgebietes.

Der Ablauf der einzelnen Analyseschritte, wie Festlegung des Stichprobenwahlverfahrens, Bestimmung der potentiell natürlichen Waldgesellschaft (PNWG), Berechnung der Hemerobie aus den im Feld erhobenen Kriteriendaten oder die Umliegung der Punktinformationen in die Fläche, wurde über ein von Experten erstelltes Regelwerk durchgeführt. Die eigentliche Realisierung der Regeln und die Erstellung der Ableitungsmechanismen, die sich aus den Grundregeln der Experten ergaben, mußte teilweise in dafür neu geschaffene Programmumgebungen verlegt werden. Das GIS ist somit nur eine zusätzliche Schale eines übergeordneten Informationssystems.

## Stichprobendesign ermöglicht repräsentative Aussagen

Im Vordergrund des Projektes stand die Beschreibung von Vegetation und der sie bestimmenden Faktoren, deshalb war einer der entscheidendsten Punkte die Festlegung der Stichprobenpunkte. Die Wahl einer repräsentativen Objektgruppe, um an dieser Gruppe allgemeingültige Aussagen zu formulieren, ist das zentrale Element des Sampling-Designs (Stichprobenplan). Die speziellen Fragestellungen erforderten den Entwurf eines aufwendigen Stichprobendesigns, welches folgenden Anforderungen entsprechen mußte:

- Innerhalb von drei Jahren sollten im vorgegebenen finanziellen Rahmen (maximal fünf Kartiererteams je Erhebungsperiode) Daten für ein österreichweit gültiges Ergebnis erhoben werden.
- Das Ergebnis hatte jedoch nicht nur die relativen Anteile der österreichischen Waldfläche an den jeweiligen Hemero-

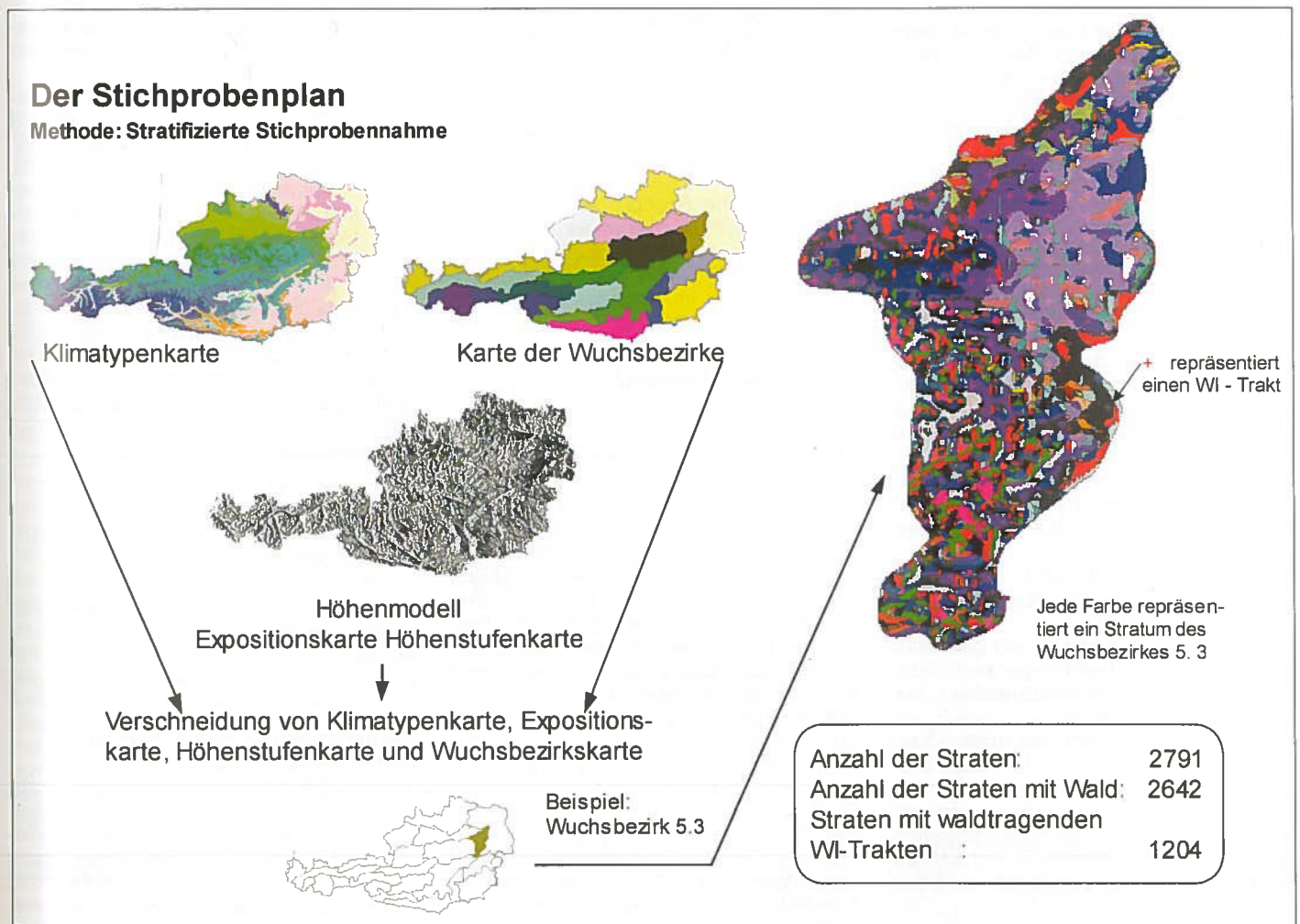


Abb. 1: Darstellung der Stratifizierungsschritte; Wuchsbezirkkarte, Klimakarte und Daten aus digitalem Höhenmodell stellen die Eingangsdatensätze dar

biestufen darzustellen, sondern auch Aussagen über die räumliche Verteilung dieser Flächen zuzulassen.

- Eine weitere wichtige Vorgabe war die Zusammenarbeit mit der österreichischen Waldinventur. Um einen Datenaustausch zu erreichen, war es notwendig, sich auf die Waldinventurtrakte (2,75 km Raster) und ihre Probeflächen zu beziehen (siehe KOCH und KIRCHMEIR, S. 24).

Da der oben genannte zeitliche und finanzielle Rahmen es aber nicht zuließ, alle Stichprobenpunkte der Waldinventur (7373 permanente und temporäre Trakte) zu erheben, mußte aus diesen eine für den österreichischen Wald repräsentative Gruppe gewählt werden.

Eine Stichprobe kann entweder subjektiv oder objektiv zusammengestellt werden (MÜLLER-DOMBOIS und ELLENBERG, 1974). Der subjektive Zugang, welcher in der reich strukturierten mitteleuropäischen Landschaft seinen Ursprung hat, steht im krassen Gegensatz zu den objektiven Ansätzen, die in England und Amerika ihren Ausgang genommen haben und gerade in der Waldforschung eine starke Verbreitung fanden.

### Zufällige, stratifizierte Auswahl der Stichprobenpunkte

Als objektive Vorgangsweise gelten die zufällige (randomisierte) Auswahl (GREIG-SMITH, 1964) von Probepunkten, die systematische Auswahl und die Auswahl über eine Stratifizierung (MANLY, 1992; SOUTHWOOD, 1978) des Raums. Dieser letztgenannte Vorgang erfolgt durch Zergliedern des Raums nach festgelegten Kriterien. So werden homogene Räume auf einer durch die Skalierung beziehungsweise Klassifizierung der Kriterien festgelegten Hierarchiestufe geschaffen.

Kombiniert man die Methoden der Stratifizierung mit der Zufallswahl von Probepunkten im Stratum, wird von Stratified Random Sampling (SOUTHWOOD, 1978) gesprochen. Es werden die Vorteile beider Methoden genutzt, das heißt: die Zufallsauswahl, um die Ansprüche statistischer Bearbeitung zu erfüllen, und die Stratifizierung, um die qualitative Vielfalt in den Raumeinheiten zu erfassen.

Zur Erstellung der Straten (Abb. 1) wurden

- die Wuchsbezirkkarte (MAYER, 1974),
- die Klimakarte (BOBEK, KURZ und ZWITTKOVITS, 1971),
- die Höhenstufenkarte und
- die Expositionskarte (abgeleitet aus einem Höhenmodell)

verschnitten, das bedeutet die geometrische Kombination von Polygonen mit der Übernahme der Flächenqualitäten der vier Ausgangspolygone.

Die Verschneidung der vier oben angeführten Karten lieferte 2791 Straten, wovon 2642 Straten einen Anteil an Wald haben. Jedes Stratum ist durch eine einmalige Kombination von Wuchsbezirkzugehörigkeit, Klimagruppe, Höhenstufe und Expositionsklasse charakterisiert. Die Datenanalyse ergab, daß 1204 der 2791 Straten einen oder mehrere Forstinventurpunkte auf Wald besitzen. Diese 1204

Straten stellen die Grundmenge für die Stichprobenentnahme dar. Betrachtet man die Waldfläche der Straten etwas genauer, so zeigt sich, daß sie eine durchschnittliche Größe von 14,6 km<sup>2</sup> aufweisen, wobei es aber eine Bandbreite von 1242 km<sup>2</sup> (das größte Stratum) bis zu 0,06 km<sup>2</sup> (das kleinste) gibt.

Für die eigentliche Wahl der Stichprobenpunkte waren die Stratendatenbank und die von der forstlichen Bundesversuchsanstalt zur Verfügung gestellten Daten aus der Waldinventur 1986 bis 1990 die Grundlagen. Durch die Anlehnung an den fixen Raster der Waldinventur sind auch Elemente der systematischen Erhebung im Sampling Design enthalten. Im einfachsten Fall werden bei Straten, in denen nur einer oder zwei Inventurpunkte liegen, dieser oder die beiden Punkte aufgesucht. Bei drei und vier Punkten werden zwei von diesen zufällig gewählt. Bei Straten mit mehr als vier Inventurpunkten wurde nach einem Verfahren vorgegangen, bei dem die Berechnung der Varianz hinsichtlich einiger von der Waldinventur erhobenen Standortfaktoren und die zufallsbedingte Wahl die zentrale Rolle spielten. Die Varianz als ein absolutes Maß für die Streuung eines Faktors gibt Auskunft über die Heterogenität in dem bearbeiteten Stratum. Da diese Faktoren jedoch nicht als unabhängig betrachtet werden können, fließen durch die Einbeziehung der Heterogenität eines Faktors auch andere in das Wahlverfahren mit ein. Somit ist durch die Anwendung eines Verfahrens, das den Faktor mit der höchsten Varianz im Stratum berücksichtigt, eine hohe Repräsentanz der Variabilität in der jeweiligen Stichprobe der Straten gegeben.

Die eigentliche Stichprobenwahl lieferte für die drei Freilandsommer einen Gesamtumfang von 4892 Probeflächen, verteilt auf 1597 Trakte der Waldinventur (siehe Abb. 2 im Bildatlas „Naturnähe Österreichischer Wälder“).

### Für jede Probefläche Hemerobiewert ermittelt

Da die Bearbeitung der vorhandenen Datenbasis für die eigentliche Hemerobieberechnung durch kommerzielle Programme als schwierig bis unmöglich erscheint, mußte für diesen Zweck ein eigenes Programm geschaffen werden. Nachteil einer derartigen Vorgehensweise ist, daß der Bearbeiter der Daten nur durch Vorgabe des Anforderungsprofils an den Programmierer Änderungen im Programmablauf erwirken kann. Vorteilhaft ist, daß sich speziell auf eine bestimmte Fragestellung ausgerichtete Programme durch einen größeren Funktionsumfang auszeichnen können. Die Datenbasis liegt als Access Datenbank vor, die in das Programm eingelesen wird.

Ein Modul des Programmes erzeugt aus der Datenbasis der Vegetationsaufnahmen die Liste der Störarten für jede relevante Waldgruppe. Eine weitere Datei, die Ergebnis einer Expertenbefragung ist, fließt zur Korrektur der Liste der Kulturzeiger ein. Über verschiedene Tabellen, die

in bearbeitbaren Datenfiles abgelegt sind, werden die Relativwerte für die Umrechnung der Absolutergebnisse der einzelnen Berechnungs- beziehungsweise Verknüpfungsmodule bereitgestellt. So ist eine möglichst große Flexibilität bei der Evaluierung der Verknüpfungs- und Berechnungsregeln gegeben. Das Programm soll auch anderen Anwendern die Möglichkeit bieten, nach Erhebung der benötigten Daten diese digital abzulegen und selbst die Hemerobie zu berechnen. Die Chance der eigenständigen Bearbeitung der Relativwerte, indem die Tabellen geändert werden, wird natürlich unterbunden, da diese als ein Endergebnis des vorliegenden Projektes zu verstehen sind.

### Mittlerer Hemerobiewert je Stratum für Flächenbilanz ungeeignet

Da der Probeflächenauswahl ein stratifiziertes Stichprobenverfahren zugrunde liegt, muß man, um aussagekräftige Flächenbilanzen zu erhalten, jenen Flächenanteil berücksichtigen, den eine Probefläche in einem Stratum repräsentiert. Es wurde also jeder Probefläche ein aliquoter Flächenanteil im Stratum zugewiesen (zum Beispiel bei fünf Probeflächen ein Fünftel der Waldfläche des Stratums). Auf diesen aliquoten Anteilen der Probeflächen basieren die dargestellten Flächenbilanzen. Es wurde bewußt kein mittlerer Hemerobiewert je Stratum für das Errechnen von Flächenbilanzen herangezogen, da jede Mittelwertbildung einen Informationsverlust in den Extrembereichen (künstlich, natürlich) nach sich zieht.

Eine wichtige Aussage liefert die räumliche Verteilung von Hemerobiestufen innerhalb von Österreich. Um diese Veranschaulichung zu ermöglichen, wurde für jedes Stratum der Median aller Probeflächenenergebnisse ermittelt. Diese „mittlere Hemerobiestufe“ wurde kartographisch dargestellt. Bei der Interpretation dieser Karte ist zu beachten, daß die gesamte Waldfläche eines Stratums einheitlich in der Farbe der dazugehörigen mittleren Hemerobiestufe abgebildet ist. Dies bedeutet jedoch nicht, daß diese dargestellte Waldfläche bezüglich der abgebildeten Hemerobiestufe vollständig homogen sein muß.

$$MAD = \text{Median} \{|x - \bar{x}|\}$$

Gleichung 1: median absolute deviation (MAD, SACHS, 1992)

Um diese Variabilität innerhalb eines Stratums darzustellen, wurde die absolute Median-Deviation (MAD, Gleichung 1) für jedes Stratum errechnet und ebenfalls kartographisch umgelegt.

### Bei Interpretation Bandbreite der Hemerobiestufe beachten

Aus der MAD kann natürlich nicht direkt eine Standardabweichung abgeleitet werden. Nimmt man jedoch an, daß die Hemerobiestufen innerhalb eines Stratums normalverteilt sind, so liefert die Gleichung 2 einen Schätzwert für die Standardabweichung des Hemerobiewertes eines jeden Stratums.



# Interpretation der Hemerobiekarte

Um die Hemerobiekarte richtig zu interpretieren, muß die Variabilität, gemessen als Median Deviation (MAD) der Hemerobiestufe innerhalb eines Stratum berücksichtigt werden. Dargestellt am Beispiel Kobernausser Wald (Oberösterreich)

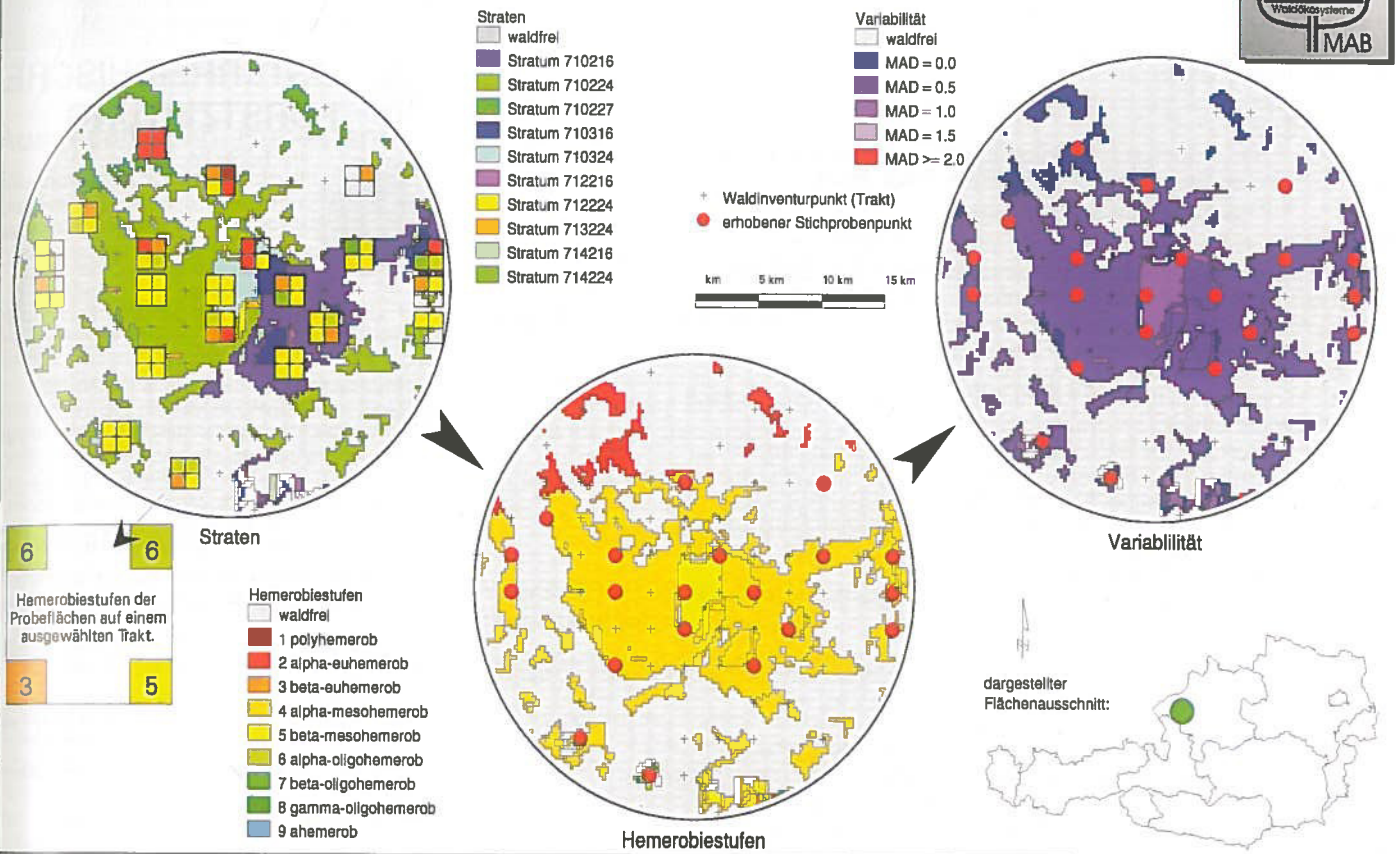


Abb. 2: Zur Verdeutlichung der Homogenität/Heterogenität der errechneten Hemerobiestufe in einem Stratum wird in einem ausgewählten Ausschnitt Österreichs die Karte der Hemerobie in Beziehung zur Karte der absoluten Median-Deviation dargestellt

$$s = MAD * 1.48$$

Gleichung 2: Schätzwert der Standardabweichung

Es ist also bei der Interpretation der Hemerobiekarte wichtig, auch die Karte der Median-Deviation zu beachten, sofern Aussagen über die Variabilität der Hemerobie innerhalb eines dargestellten Stratum getroffen werden sollen. In der kartographischen Darstellung (Abb. 2) bleiben die Straten, auf denen keine Erhebungen durchgeführt werden konnten, weiß. Es handelt sich durchwegs um kleine Straten, in denen kein Trakt der Waldinventur liegt. In Summe nahmen diese nur 6 % der Waldfläche ein. Es wurde darauf verzichtet, Hemerobiestufen für diese Straten zu interpolieren, da die Hemerobiekarte ohnehin nicht den Anspruch auf eine lokale Aussagekraft erhebt, sondern einen regionalen Trend darstellen soll.

## Literatur

BOBEK, H., KURZ, W., und ZWITTKOVITS, F. (1971): Klimatypen, Österreichatlas. - Österr. Akademie d. Wissenschaften, 1971.

MANLY, B. F. J. (1992): The design and analysis of research studies. - Cambridge University Press. 353 S.  
 MAYER, H. (1974): Wälder des Ostalpenraumes. - Fischer. Stuttgart. 344 S.  
 MÜLLER-DOMBOIS, D., und ELLENBERG, H. (1974): Aims and methods of vegetation ecology. - Wiley & Sons. New York etc. 547 S.  
 SACHS, L. (1992): Angewandte Statistik. Springer-Verlag Berlin - Heidelberg.  
 SOUTHWOOD, T. R. E. (1978): Ecological Methods - with particular reference to the study of Insect Population. - Chapman and Hall, London, John Wiley & Sons, New York. 524 S.

FDK.: 907.1 : 587.7 : 589  
 Schlagwörter: Geographisches Informationssystem, Hemerobie, Stichprobeninventur, Naturnähe

Anschrift der Verfasser: Dr. Karl REITER, Mag. Hanns KIRCHMEIR, Abteilung für Vegetationsökologie und Naturschutzforschung, Universität Wien, Althanstraße 14, A-1091 Wien.

## Buchtip

### Caring for the forest

Research in a changing world. Statistics, Mathematics and Computers. Herausgegeben von M. KÖHL und G. GERTNER, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), CH-8903 Birmensdorf, Schweiz, 1996, ISBN 3-905620-52-9, 243 S.

Das Thema des 20. Weltkongresses der „International Union of Forestry Research Organisation (IUFRO)“ in Tampere/Finland im August 1995 war „Sorgen für den Wald: Forschung in einer sich verändernden Welt“. Dieser Band beinhaltet 19 Beiträge, die sich mit der Bewertung und der Unsicherheit von Waldwachstumsmodellen, Statistik und Informationssystemen für Ökosysteme und Landschaften beschäftigen. Ch. L.

**ÖFZ-Leser  
haben einen  
Wissensvorsprung**