

# Neue Methoden der Vegetationskartierung<sup>1</sup>

Otto Wildi, Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf

Das Ziel der Vegetationskartierung ist die Erfassung von Zuständen und Prozessen in Raum und Zeit. Sie bedient sich dazu vegetationskundlicher Grundlagen, die Gegenstand pflanzenökologischer Forschung sind. Wegen rasch ablaufender Umweltsveränderungen besitzt sie hohe Aktualität. Gefordert werden die rasche Verfügbarkeit der Ergebnisse, ein hoher Detaillierungsgrad und ein grossräumiger Gültigkeitsbereich. Um dieses Optimierungsproblem zu lösen, werden drei neuere Ansätze vorgestellt: Spezialkartierungen, die Simulation von Karten aus verschiedensten raumbezogenen Informationsquellen sowie die statistische Stichprobenerhebung. Während in der Vergangenheit sich anbahnende Umweltprobleme oft zu spät erkannt wurden, sollte mit diesen Methoden eine zeitgerechte Kontrolle der Pflanzenwelt möglich sein.

## New methods in vegetation mapping

Vegetation mapping is aimed to reveal states and processes in space and time. It relies on plant-ecological bases, which are a matter of scientific research. With regard to our rapidly changing environment, the topic becomes rather acute. Results have to be immediately available, as detailed as possible and relevant for wide areas. In order to solve this problem of optimization, three approaches are presented: Specialized maps, simulation of maps based on external information related to space, and statistical sampling. While environmental changes in the past have sometimes been recognized too late, an efficient control of the vegetation is becoming operational using the new tools.

## 1 Einleitung

Das Ziel der Vegetationskunde ist – wie wohl dasjenige der meisten Wissenschaften – die Mehrung des Wissens. Der Begriff Wissen hat allerdings seinen einstigen Glanz verloren; wir sprechen lieber von Information. Die Information ist denn auch wissenschaftlich exakt definiert. Sie hat zudem in die Alltagssprache Eingang gefunden. Im täglichen Leben erfahren wir zusehends ihre negative Seite, nämlich in Form der Informationsflut. Die selbe Entwicklung zeichnet sich seit längerer Zeit auch in der Wissenschaft ab, der es – anders als noch im vergangenen Jahrhundert – oft weniger um die Mehrung des Wissens geht, als vielmehr um die Frage, wie das Wesentliche aus der Informationsflut herausgefiltert werden kann. Dieser Sachverhalt ist nicht allgemein bekannt, er spielt aber gerade in der Vegetationskunde eine enorme Rolle. Die Vielfalt der Pflanzendecke der Erde ist überwältigend. Sie vollständig zu erfassen, ist unmöglich. Denn während jeder Untersuchung entwickelt sie sich unablässig weiter, so dass ihr Zustand zu einem bestimmten Zeitpunkt nie genau bekannt ist.

<sup>1</sup> Vortrag anlässlich der Sitzung der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich vom 3. Februar 1986.

Das Thema der nachfolgenden Ausführungen sind Vegetationskarten. Die Vegetationskartierung wurde in der Vergangenheit irrtümlicherweise oft als eine die Wissenschaft begleitende schöne Kunst interpretiert. Sie ist jedoch nichts anderes als wissenschaftliche Forschung in Raum und Zeit. Raumzeitliche Prozesse prägen unsere Umwelt in entscheidendem Masse. Ihre Dimensionen – eben Raum und Zeit – erschweren ihr Studium aus verschiedenen, noch zu erläuternden Gründen. Interessanterweise können wir feststellen, dass die meisten der heute als besonders zukunftsfruchtig geltenden Wissenszweige wie Biotechnologie oder Informatik weitgehend abstrahieren von Raum und Zeit. Ihre Auswirkungen hängen aber zweifelsfrei von Prozessen in Raum und Zeit ab, indem zum Beispiel die Errungenschaften der Gentechnologie die menschliche Population langfristig in schwer prognostizierbarer Weise positiv oder negativ beeinflussen werden. Um diese Wirkungen neuer Wissenszweige pflegt man sich erst dann zu bemühen, wenn erste negative Auswirkungen erkennbar sind.

Die Vegetationskartierung verdankt ihre erneute Aktualität auch negativen Auswirkungen, nämlich jenen der menschlichen Aktivitäten auf die Umwelt. Das nachfolgende Beispiel soll dies veranschaulichen. Spätestens seit dem Auftreten des Waldsterbens wissen wir, dass es rund um unseren Lebensraum noch erstaunlich viele unaufgeklärte, ja überraschende Probleme gibt. Ein Beispiel sind von N. Kuhn (1986) festgestellte Verarmungserscheinungen in unseren Wäldern. Der ursprünglichen Absicht der Pflanzensoziologie entsprach es, alle vorkommenden Kombinationen von Pflanzenarten – eben die Pflanzengesellschaften – im Laufe der Jahre und Jahrzehnte zu erfassen. Nun wird offenbar, dass ein bald vor der Vollendung stehendes Werk unerwartet veraltet und deshalb ständig angepasst und ergänzt werden muss. An 1938 erstmals untersuchten Waldbeständen hat Kuhn festgestellt, dass heute nurmehr 6 von 7 Baumarten, 3 von 7 Straucharten, 16 von 25 Kräutern und Gräsern sowie 6 von 8 Moosarten vorkommen. Wir stehen vor der Tatsache, dass sich in unseren Wäldern zeitliche Prozesse abspielen, die wissenschaftliche Grundlagen in Frage stellen, die aber offenbar lange übersehen werden konnten.

## 2 Zielsetzung

Die Vegetationskartierung ist eine Frage der Betrachtungsweise, und diese hängt von der Zielsetzung ab. Wir täuschen uns, wenn wir glauben, eine sehr detaillierte Vegetationskarte könne zur Beantwortung sehr vieler Fragestellungen eingesetzt werden. Sinn und Zweck einer Karte ist es nämlich, die Wirklichkeit stark zu vereinfachen, die als wichtig erachtete Information herauszufiltern und darzustellen. Das kann sehr verschiedenartig geschehen. Ein Beispiel geben uns die Karten des Bundesamtes für Landestopographie. Sie beinhalten die grün ausgewiesenen Waldflächen, welche aber eigentlich Nut-

zungskategorien sind (K. C. Ewald, 1978). Darunter fallen Kulturen von Jungpflanzen, die weder der Pflanzensoziologe noch der unvoreingenommene Betrachter als Wald einstufen würden. Eine ganz andere Sicht des Waldes geben die Karten der Orientierungsläufer. Die Grundfarbe ist hier weiss. Dichter Unterwuchs, der das Fortkommen des Läufers behindert, ist grün. Ausgewachsene Bäume interessieren in diesem Zusammenhang eigentlich nicht. Diese Art von Zweckgerichtetheit gilt nun aber für alle, auch wissenschaftliche Karten.

Kartiert werden kann die Verbreitung von Pflanzenarten. Nachfolgend ist jedoch vor allem von der Verbreitung von Pflanzengesellschaften die Rede. Solche haben die Eigenheit, viel Information in konzentrierter Form enthalten zu können. Um das zu erläutern, soll zunächst das Konzept der Pflanzengesellschaften unter die Lupe genommen werden. Schon die Pflanzensoziologen des vergangenen Jahrhunderts haben sich die Beobachtung zunutze gemacht, dass im Felde immer wieder dieselben Pflanzenarten in typischer Kombination anzutreffen sind. So findet sich im Verlandungsbereich von Seen immer wieder Schilf, zusammen mit Steifseggen, Gelben Schwertlilien, Blutweiderich usw. Die Pflanzensoziologen des frühen 20. Jahrhunderts erkannten aber bald, dass mit dem Konzept typischer Artkombinationen allein allzu viele Erscheinungen unerklärt bleiben müssen. Sie entwickelten daher Theorien, von denen nur zwei genannt sein sollen. F. E. Clements (1916) und vor allem A. G. Tansley (1920) betonen die funktionale Einheit von Pflanzengesellschaften. Die gegenseitige Abhängigkeit der Arten führt zu den beobachteten charakteristischen Pflanzenkombinationen. Tansley sieht in ihnen eigentliche Quasiorganismen, die sich aus einem Initialstadium entwickeln, stabilisieren, altern und vergehen. Im Gegensatz dazu betont A. H. Gleason (1926, 1939) in seinem «individualistischen Konzept der Pflanzengesellschaften» die Variabilität der Pflanzendecke in Raum und Zeit. Seine Pflanzengesellschaften sind ein Ausschnitt eines Momentanzustandes aus einem Vegetationskontinuum. Auch hier – etwas weniger ausgeprägt als bei Tansley – besitzt die Pflanzengesellschaft eine hohe Aussagekraft. Übertragen auf Vegetationskarten heisst das, dass anhand der Farbe oder Signatur eines Kartenausschnittes auf das Vorkommen (genauer gesagt auf die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens) zumeist Dutzender von Arten geschlossen werden kann.

Die Aussagekraft einer Vegetationskarte wird weiter erhöht durch die Tatsache, dass eine Pflanzengesellschaft oft nur unter ganz bestimmten Lebensbedingungen existieren kann. Deshalb können der Karte meist unmittelbar die Wachstumsbedingungen entnommen werden. Die Beziehungen zwischen Vegetation und Standort müssen natürlich bekannt sein. Sie sind denn auch zentraler Gegenstand vieler Forschungsarbeiten. Untersuchungen in diesem Problembereich gestalten sich schon aus methodischen Gründen sehr schwierig, sind doch immer eine Vielzahl in einer Versuchsfläche wirkender Faktoren mit dem Auftreten oder Fehlen mehrerer Pflanzenarten in Beziehung zu setzen. Ferner ist bereits der Zusammenhang zwischen einer einzigen

Pflanzenart und einem einzigen Faktor nicht einfach zu beschreiben, denn die meisten Arten reagieren nicht linear auf die Umwelt, sondern besitzen ein Wachstumsoptimum in einem mittleren Bereich: Sie bevorzugen zum Beispiel eine gewisse Höhenlage, um oberhalb und unterhalb derselben auszuklingen. Ohne dieses sehr interessante Forschungsgebiet weiter zu erläutern, ist damit angedeutet, dass die Vegetationskartierung auf einer sich im Fluss befindenden wissenschaftlichen Grundlage beruht. Das gilt für die nachfolgend darzustellenden neuen Zielsetzungen und Methoden in sehr ausgeprägtem Masse.

### 3 Neue Methoden

In der Schweiz ist seit Jahrzehnten eine grossmassstäbige geologische Karte im Aufbau. Im Bereich der Pflanzensoziologie bestanden ursprünglich analoge Bestrebungen. Diese Zielsetzung hat nun aber an Aktualität eingebüsst. Äusseres Zeichen dafür ist die Tatsache, dass Vegetationskunde in der Schweiz für zahlreiche freierwerbende Fachleute zum Hauptberuf geworden ist. Inventarisierungs-, Planungs- und Überwachungsprojekte besitzen höchste Aktualität. Aufwendige Naturschutzprojekte – wegen der rasch voranschreitenden Verarmung der Landschaft nötig geworden – rufen nach einer Erfolgskontrolle. Dabei spielt die Zeit eine kritische Rolle. Jahr für Jahr sollen möglichst detaillierte, flächendeckende Zustandserfassungen gemacht werden. Es gilt, ein Optimierungsproblem zu lösen: Der Zeitaufwand soll minimal, die Präzision der Aufnahme möglichst hoch, die anfallenden Daten für das Untersuchungsobjekt sollen möglichst repräsentativ sein. Drei Wege zu einem solchen Ziel sollen nachfolgend aufgezeigt werden.

#### 3.1 Spezialkartierungen

Insbesondere für Anwendungen im Bereiche des Naturschutzes werden immer öfters Spezialkartierungen durchgeführt, wobei nur ausgewählte Vegetationstypen im Detail zu erheben sind. Ein Beispiel ist die Inventarisierung der Hochmoore der Schweiz, deren Ergebnisse demnächst veröffentlicht werden. Bei dieser wurde à priori festgelegt, wie Flächen beschaffen sein sollen, um Gegenstand der Kartierung zu sein. Hochmoore lassen sich verhältnismässig leicht pflanzensoziologisch und physiognomisch beschreiben. Es bleibt aber die schwer zu erfüllende Forderung, das ganze Untersuchungsgebiet – z. B. die Schweiz – nach potentiellen Objekten abzusuchen. Eine in verschiedenen Kantonen laufende Erhebung der Trockengebiete wird mit der selben Methodik durchgeführt. Wegen der meist kleinen Flächen der Objekte gestaltet sie sich im allgemeinen sehr zeitaufwendig, so dass die Gefahr besteht, dass viele der erfassten Flächen nach Abschluss der Arbeit bereits der allgemeinen Verarmung der Umwelt zum Opfer gefallen sind.

### 3.2 Simulation von Vegetationskarten

Die Vegetationskartierung ist eines der rationellsten Mittel, um in naturnahen oder doch nicht allzu intensiv genutzten Gebieten die Wachstumsbedingungen für die Pflanzenwelt zu ermitteln. Die einzige Hilfe, über die Pflanzensoziologen einst zu verfügen pflegten, waren topografische Karten. Insbesondere in der Schweiz hat sich diese Situation grundlegend geändert, indem laufend mehr flächendeckende Informationen erhoben werden. Immer häufiger wird damit das umgekehrte Vorgehen möglich, nämlich vom Standort auf die Vegetation zu schliessen. Die Voraussetzungen bleiben die gleichen wie bei der traditionellen Vegetationskartierung, indem vor allem die Beziehungen zwischen Vegetation und Standort bekannt sein müssen.

Zu den neuen Informationsquellen gehören zum Beispiel Flugaufnahmen, die viel detaillierter und vor allem aktueller sein können als Karten. Gelegentlich liefern sie Hinweise über terrestrisch schwer zugängliche Gebiete. Infrarotaufnahmen von Waldbeständen, aber auch landwirtschaftlichen Kulturen, können bekanntlich Indizien für die Vitalität der Pflanzen entnommen werden. Kümmernde Individuen sind auf grossmassstäbigen Infrarotaufnahmen viel leichter auszumachen als auf konventionellen Fotografien. Infrarotbilder lassen aber auch direkt vernässte Stellen erkennen, so dass der Kartierer Rückschlüsse auf die zu erwartende Vegetation ziehen kann.

Auf der eben dargestellten Idee basierten die Forschungen im MaB-Projekt Davos. (MaB steht für «Man and Biosphere». Es handelt sich um ein Forschungsprogramm zur Untersuchung von Umweltproblemen, das von der UNESCO angeregt wurde und in der Schweiz Teil der Nationalen Forschungsprogramme ist.) Der vegetationskundliche Teil wurde vom Geobotanischen Institut der ETHZ durchgeführt. Als besondere Informationsquellen standen zum Beispiel Satellitenbilder zur Verfügung, die es erlaubten, eine Karte des Ablaufes der Schneeschmelze zu generieren. Ferner konnte auf ein digitales Geländemodell zurückgegriffen werden, das die Form der Geländeoberfläche als Netz von Höhenangaben enthält. Schon die Höhenlage selbst gibt dem Fachmann Hinweise auf die Wachstumsverhältnisse der Vegetation. Auf rein rechnerische Art lassen sich nun noch weitere, wiederum flächendeckende Angaben ableiten, nämlich zunächst die Neigung des Geländes und die Exposition. Da der Lauf der Sonne für jeden Tag des Jahres berechnet werden kann, ergibt sich unter Berücksichtigung des Reliefs für jeden Geländepunkt die Sonnenscheindauer. Wird auch noch der Einfallswinkel des Lichtes und die Trübung der Atmosphäre berücksichtigt, so kann sogar eine Karte der Einstrahlungsenergie gewonnen werden. Im Rahmen des interdisziplinären Projektes wurden noch weitere Standortfaktoren erhoben, wie etwa Bodenart und -gründigkeit sowie die Nutzungsverhältnisse. Weil man über umfangreiche Kenntnisse verfügt über den Zusammenhang zwischen Vegetation und Standort, ist es nun möglich geworden, die zu erwartende Vegetation auf rechnerischem Wege als simulierte Vegetationskarte abzuleiten. Das Simulations-

modell selbst besteht fast nur aus Aussagen über die Beziehungen von Vegetation und Standort. Interessant ist vor allem der Vergleich zwischen simulierter und erhobener Vegetationskarte. Die Unterschiede sind Quellen neuer Erkenntnisse. Sie können beruhen auf:

- Ungenauigkeiten in der Erfassung der Standortsfaktoren;
- Ungenauigkeiten in der Vegetationskartierung im Felde;
- zusätzlich wirkenden Faktoren, die im Felde nicht ohne weiteres feststellbar sind;
- Unzulänglichkeiten in der Kenntnis des Zusammenhanges von Vegetation und Standort.

Die Simulation macht es auch möglich, mit Hilfe besonders genauer Geländemodelle einen Detaillierungsgrad zu erzielen, wie er bei reiner Feldarbeit des Aufwandes wegen praktisch nicht erreicht werden kann.

### 3.3 Statistische Stichprobenerhebung

Bei allen Überwachungsprojekten ist die Zeit ein begrenzender Faktor. Sie kann durch Beschränkung der eigentlichen Erhebungsfläche am besten unter Kontrolle gebracht werden. Eine in der Vegetationskunde gut eingeführte Methode ist das Anlegen von Dauerbeobachtungsflächen, welche fest zu markieren sind und meist jährlich neu untersucht werden. Die Überwachung einzelner solcher Flächen genügt aber meistens nicht. Gefordert wird in der Praxis eine repräsentative Aussage über einen grösseren Perimeter. Dieses Ziel erreicht man, indem die Dauerbeobachtungsflächen nach statistischen Gesichtspunkten, d. h. nach dem Zufallsprinzip ausgewählt werden. Die reine Zufallsanordnung führt zu sehr unregelmässig verteilten Erhebungspunkten. Für viele Zwecke praktischer ist deren Plazierung in einem regelmässigen, meist quadratischen Gitternetz. Ein Beispiel für dieses Vorgehen gibt das Schweizerische Landesforstinventar (F. Mahrer und Ch. Vollenweider, 1983). Es existieren selbstredend Anwendungen, für die eine Stichprobenerhebung nicht befriedigt. Gerade bei der Untersuchung von Umweltschäden und Umweltbelastungen sind aber verallgemeinernde Aussagen gefragt. Eine statistische Erhebung ist unter solchen Voraussetzungen viel rationeller als eine flächendeckende Erfassung.

## 4 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die Vegetationskartierung ist heute zu einem zentralen Instrument der Überwachung der Umwelt geworden. Methodisch stellt sie ein Optimierungsproblem dar, indem ein möglichst hoher Detaillierungsgrad und eine hohe Zuverlässigkeit bei minimalem Zeitbedarf gefordert werden. Dieses Problem spüren vor allem die freiberuflich tätigen Fachleute. Erschwert wird die Aufgabe durch wissenschaftlich anspruchsvolle, im Bereich der Interaktionen von Ve-

getation und Standort zum Teil völlig ungelöste Probleme. Zur Komplexität der Natur selbst kommt, dass neuere Methoden die Beherrschung technischer Hilfsmittel erfordern, namentlich solcher der Fernerkundung und der Informatik. Auch in diesem Bereich sind durch zielgerichtete Forschung Rückstände aufzuholen.

Bei den meisten aktuellen Anwendungen der Vegetationskartierung bestehen kritische Zeitverhältnisse. Wegen der Zunahme der Nährstofffracht in den Niederschlägen ist damit zu rechnen, dass das langwierig erarbeitete pflanzensoziologische System in Bewegung gerät. Es stellt sich mithin die Aufgabe, diese Grundlage laufend zu aktualisieren.

Die Verfolgung langfristiger Entwicklungen des Naturraumes wird mit der Einführung neuer Methoden effizienter und genauer. Das ist sicher ein Vorteil für zukünftige Untersuchungen. Rückschlüsse auf die vielen offensichtlich bereits abgelaufenen Veränderungen werden aber nur wenig erleichtert, lässt sich doch an der Qualität und Zweckbestimmung älterer Forschungsergebnisse nichts mehr ändern. Es ist wohl eine der wichtigsten Aufgaben der Vegetationskunde, heute und in Zukunft ablaufende Veränderungen der Vegetationsdecke zeitgerecht zu erkennen, um nachteiligen Entwicklungen entgegenwirken zu können.

## 5 Literatur

- Clements, F. E. (1916), *Plant Succession*. Carnegie Institution of Washington. 512 S.
- Ewald, K. C. (1978), *Der Landschaftswandel. Zur Veränderung schweizerischer Kulturlandschaften im 20. Jahrhundert*. Tätigkeitsber. der Naturf. Ges. Baselland. 30, 55–308.
- Gleason, A. H. (1926), *The individualistic concept of the plant association*. Bull. Torrey Bot. Club 53: 7–26.
- Gleason, A. H. (1939), *The individualistic concept of the plant association*. Amer. Midl. Nat. 21: 92–110.
- Kuhn, N. (1986), *Unsere Wälder verarmen langsam*. Tagesanzeiger, 1. April 1986, S. 39.
- Mahrer, F. und Ch. Vollenweider (1983), *Das Landesforstinventar der Schweiz*. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Ber. 247. 26S.
- Tansley, A. G. (1920), *The classification of vegetation and the concept of development*. J. Ecol. 8, 118–148.