Zeitschrift: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 126 (1995)

Artikel: Waldgesellschaften und Waldstandorte im St. Galler Berggebiet = Woodland communities and woodland sites in the mountainous region of canton of St. Gallen in eastern Switzerland

Autor: Frey, Hans-Ulrich

Kapitel: 2: Methodik

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-308990

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

2. METHODIK

2.1. GRUNDLAGEN

Damit überhaupt ein System von Waldgesellschaften und Waldstandorten aufgestellt werden kann, müssen einige theoretische Überlegungen angestellt werden. Zur Systematisierung der Vegetation hat sich in Mitteleuropa, mit Ausnahme des angelsächsischen Sprachraumes, die Methodik der Pflanzensoziologie im Sinne BRAUN-BLANQUET´s (1964) breit etabliert. Floristisch ähnliche Abschnitte der Vegetationsdecke werden dabei zu Typen zusammengefasst. Definiert werden diese Typen durch eine Zahl von real existierenden, floristisch beschriebenen Pflanzenbeständen. In einem System von zahlreichen Hierarchiestufen werden die Typen angeordnet, wobei von der grundlegenden Einheit, der sogenannten Assoziation, ausgegangen wird, einer Gesellschaft mit einer bestimmten floristischen Zusammensetzung, einheitlicher Physiognomie und einheitlichen Standortsbedingungen. Diese pflanzensoziologische Methodik wird als "Schule Zürich-Montpellier" bezeichnet und wurde von BRAUN-BLANQUET (1964) eingehend beschrieben.

2.1.1. "Natürliche" oder "aufgesetzte" Systeme

In sehr vielen sich dieser Methodik bedienenden pflanzensoziologischen Arbeiten wird davon ausgegangen, dass sich die beschriebenen Systeme wie "natürliche" Systeme verhielten und mit induktiven Methoden direkt aus der Natur ableiten liessen (z.B. GLAHN 1968), also immanent seien. Daraus folgt die Vorstellung der organischen Wesenheit von Pflanzengesellschaften (TANSLEY 1920). Obwohl kaum je ausgesprochen, sind sehr viele Arbeiten der BRAUN-BLANQUET-Schule diesem Gedankengut verpflichtet. In der vorliegenden Arbeit wird vom "individualistischen Konzept" ausgegangen, das den Vorstellungen von GLEASON (1926) zugrunde liegt: Die Vegetation wird als Vielzahl von Populationen aufgefasst, die individuell auf verschiedene Standortfaktoren reagieren. Daraus resultiert die Vorstellung eines vieldimensionalen Gradientsystems im Sinne einer Continuums-Theorie - eine Vorstellung, die seit langer Zeit in der angelsächsischen Wissenschaft breite Anerkennung gefunden hat. WHITTAKER (z.B. 1967) stellt mit seinen grossräumig angelegten Transektaufnahmen den Aufbau der Waldvegetation der Great Smokey Mountains als System von verschiedenen Gradienten dar.

Später kommentiert er seine Untersuchungen (WHITTAKER 1973): "Die Ergebnisse dieser Gradientanalysen führen zur Auffassung der Vegetation als ein komplexes Kontinuum, ein abstraktes Muster von untereinander zusammenhängenden Standortsgradienten, Art-Populationen und Gesellschaftsmerkmalen. Die Evolution der Arten strebt einer zerstreuten oder 'individualistischen', sich breit überlappenden Verteilung zu, die für die Komplexität und Kontinuität der Vegetationsstruktur verantwortlich ist." Die Hypothese des gradientartigen Vegetationsaufbaues konnte mit diesen Gradientanalysen belegt werden. Dies spricht aber noch nicht gegen ein Typensystem, das durch einen schöpferischen Prozess gebildet werden muss, um gewisse Bereiche der Gradienten mit charakteristischen Merkmalen zu bezeichnen und mitteilbar zu machen. Mit den Gradientanalysen konnte lediglich aufgezeigt werden, dass die Vegetation nicht in Gesellschaften im Sinne von organischen Einheiten gegliedert ist. Wird die Vegetation als Gradientsystem aufgefasst, so kann die von einer Typisierung erwünschte Abgrenzung im Prinzip frei gewählt werden. Da die Gradienten offenbar manchmal steiler und manchmal flacher verlaufen, können die Zentren der Typen mehr oder weniger plausibel gelegt werden. Nach diesem Ansatz sind die Typen nicht in der Natur immanent, es sind vielmehr nach Zweckmässigkeit definierte Begriffe, die der Natur von aussen aufgesetzt werden (z.B. WAGNER 1968). Die Typen sind somit "Gedankliche Konstruktionen", deren Güte sich allein an der subjektiv empfundenen Leichtigkeit misst, mit der die in der Natur vorgefundenen Verhältnisse erklärt werden können.
Als Grundlage für eine möglichst zutreffende Typisierung müssten die Gradienten der Waldvegetation einer bestimmten Region mit herkömmlichen naturwissenschaftlichen Methoden (z.B. stratifizierte systematische Stichproben) möglichst lückenlos erfasst und dargestellt werden. Sind die Gradienten einmal bekannt, so können beliebig viele Typen gebildet werden. Dieses Vorgehen dürfte im günstigsten Falle derart aufwendig sein, dass die Erfassung der wichtigsten Gradienten eines grösseren Untersuchungsgebietes mit vernünftigem zeitlichem Aufwand kaum realisiert werden kann.

2.1.2. "Idealbilder" und "Anschauende Urteilskraft"

VAHLE und DETTMAR (1988) versuchen, den Typus der pflanzensoziologischen Methodik und dessen Erkennen mit der "Anschauenden Urteilskraft", wie sie GOETHE gefasst hat, in Verbindung zu bringen: GOETHE versuchte, die Vielfalt einer Gruppe von Organismen auf eine allgemeine Grundform

zurückzuführen. Dieser als Idee entstehende, allgemeine Organismus, der alle besonderen Ausprägungen in sich begreift, ist der GOETHE´sche Typus (STEINER, 1886). Werden einzelne Pflanzenbestände durch Gruppierung zu einer Vegetationseinheit zusammengefasst, so kann ebenfalls ein solcher Typus entstehen; eine Vorstellung einer Vegetation, die in dieser Form in der Natur nirgends zu existieren braucht, die aber in realen Beständen ohne weiteres wiedererkannt werden kann, da sie alle Merkmale der individuellen Einzelbestände umfasst. Diese Vorstellung muss wohl auch durch Merkmale des Standortes und der Physiognomie ergänzt werden. Solche Typen wurden von FREY (1992a) als "Idealbilder" bezeichnet. Diese haben nichts zu tun mit "idealisierten Bildern", wie sie aus der Auswertung einseitig charakterartenreicher Bestände entstehen können und von KLÖTZLI (1972) kritisiert werden. Verbindet man formalisierte Artenlisten durch statistische Gruppierungsverfahren zu Vegetationseinheiten, so können wohl keine Idealbilder entstehen, da das Wissen um die schöpferische Absicht der Auswahl der Aufnahmeorte in diesen Prozessen verloren geht (Intensionsverlust). Vegetationstabellen sind jedoch wertvoll, um die Erscheinungs-Bandbreite der Idealbilder mit realen Beständen zu belegen. Gelingt es, die Idealbilder mitteilbar zu machen, können Vegetationen verständlich angesprochen und auskartiert werden. So können beispielsweise mit den Typus-Beschreibungen von MOOR (1952) viele seiner Typen ohne eingehende floristische Analyse im Gelände ohne Schwierigkeiten erkannt werden. GOETHE bezeichnete das unmittelbare Erkennen des Typus in der individuellen Erscheinung als "anschauende Urteilskraft". Im Gegensatz dazu steht der analytische Weg, der durch Kombination von Einzelmerkmalen, z.B. mit Hilfe einer Vegetationstabelle, zur Zuordnung zu einem Typus gelangt. Wenn davon ausgegangen wird, dass sich die Vegetation wie ein Continuum verhält und die pflanzensoziologischen Systeme keine "natürlichen" sind, dann muss der analytische Weg der Ansprache unweigerlich zu Schwierigkeiten führen, da die einzelnen Pflanzen, und damit auch die Definitionsmerkmale, individuell auf die unterschiedlichen Standortsfaktoren reagieren. Eine Zuordnung ist nur über Ähnlichkeitsbeziehungen möglich oder verbleibt im Gutachtlichen. Wird die Zuordnung am Auftreten von ausgewählten Einzelarten aufgehängt, so bereitet sie in der Regel keine Schwierigkeiten. Solche Systeme funktionieren meist sehr gut (z.B. WERLEN, 1994), sie haben jedoch den Nachteil, dass sie häufig nur schlecht über die standörtlichen und physiognomischen Verhältnisse (z.B. Verhalten der Baumarten) Auskunft geben und sind für differenzierte Aussagen meist unbrauchbar.

Viele der älteren Autoren dürften ihre Systeme mit Hilfe von Idealbildern geschaffen haben. Leider wurde jedoch kaum auf diesen wichtigen methodischen Prozess hingewiesen, es wurde vielmehr der Eindruck eines wertfreien Datensatzes erweckt, aus dem sich die Typen, quasi naturgegeben, durch geschicktes tabellarisches Anordnen von Aufnahmen und Arten in Tabellen ableiten lassen.

2.1.3. Hypothesen und Vorstellungen der "potentiell natürlichen Vegetation"

Als wichtige Grundlage des hier zu schaffenden Systems dienten die zahlreichen aus der Literatur vorhandenen Vegetationsaufnahmen. Dabei gilt es zu beachten, dass diese Aufnahmen in der Regel weder systematisch noch zufällig erhoben worden sind, also keinesfalls ein "wertfreies" Datenmaterial darstellen. Vielmehr widerspiegelt jede Aufnahme eine Hypothese eines Typus, die der jeweilige Autor vor Augen hatte, als er jene paar Quadratmeter aus einem vergleichsweise unermesslichen Untersuchungsgebiete auswählte. Die Typenbildung geschieht also nicht erst mit der Anordnung der Aufnahmen in der Vegetationstabelle, wie von ELLENBERG (1956) in seiner "Tabellenarbeit" dargestellt wird. Auch von statistischen Gruppierungsverfahren dürfen wir selbstverständlich nicht erwarten, dass die gefundenen Typen wertfrei sind und die wirklichen Verhältnisse darstellen; auch sie spiegeln nur die Hypothesen der Autoren. Bei der Verwertung älterer Aufnahmen ist es notwendig, die zugrundeliegenden Hypothesen oder Idealbilder zu kennen und in die Auswertung einzubeziehen. Dies kann in den meisten Fällen nicht durch die Daten selbst geschehen, da die Überlegungen, die zur Auswahl eines bestimmten Aufnahmeortes geführt haben, oft nicht überliefert sind. Der aus einer Gruppe von Aufnahmen abstrahierte und standörtlich-strukturell beschriebene Typus, der für manche Aufnahmen vorliegt, vermag wertvolle Hinweise zu liefern, liegt aber oftmals derart weit vom Aufnahme-Bestand entfernt, dass die Aufnahme ohne Wissen um die Verhältnisse vor Ort nur sehr schwer interpretiert werden kann.
Bei Vegetationsaufnahmen aus Wäldern wirkt sich die Problematik der zugrundeliegenden Hypothesen besonders gravierend aus, da im Gegensatz zu anderen Ökosystemen in der Regel nicht die aktuell vorhandene Vegetation gegliedert wird, sondern ein System entworfen wird, das nach Ansicht des jeweiligen Autors einem vom Menschen möglichst nicht beeinflussten Zustand entspricht. Die Meinungen, wie eine solche, von den Autoren meist

als "potentiell natürliche Vegetation" bezeichnete Vegetation auszusehen hat, sind recht spekulativ. TÜXEN (1956) versteht unter "heutiger potentiell natürlicher Vegetation" eine Vegetation, "... die sich unter den heute vorhandenen Lebensbedingungen einstellen würde, wenn die menschliche Wirkung beseitigt würde ..., sozusagen schlagartig in das neue Gleichgewicht eingeschaltet gedacht würde ..., sie ist nie vorhanden gewesen und kann nur gedacht werden...". In der Schweiz sind nach LEIBUNDGUT (1993) nur zwei äusserst kleine Flächen (Derborence/VS und Scatlé/GR) vorhanden, die seiner Auffassung von "Urwald" genügen und als Referenz für eine "potentiell natürliche Vegetation" hergezogen werden könnten. Diese Flächen können jedoch bei der gegenwärtig sehr hohen Wilddichte des schweizerischen Alpenraumes und der damit bedingten Baumartenentmischung kaum mehr als Urwald bezeichnet werden, wenn davon ausgegangen wird, dass diese Erscheinung anthropogen bedingt ist. Die Vorstellungen einer "potentiell natürlichen Waldvegetation" der Schweiz sind einem enormen zeitlichen Wandel unterworfen und sind stark ideologisch behaftet.

Um die enorme Wirkung auf die Auswahl der Aufnahmeorte aufzuzeigen, seien kurz zwei Beispiele angesprochen:

In seiner Karte des Südostrandes des schweizerischen Mittellandes (Region Zürich) sieht ETTER (1947) mehr als die Hälfte der Fläche als "Vegetation mit Sukzessionstendenz zum *Querco-Carpinetum*". Buchen-Bestände dieses Gebietes wurden als anthropogen begünstigt gewertet und wahrscheinlich kaum mit Aufnahmen abgedeckt.

Nach dem radikalen Anschauungswandel zu Beginn der Sechziger-Jahre (FREHNER 1963; KLÖTZLI 1968) werden die tieferen Lagen des Kantons Zürich weitgehend als potentielle Buchenwälder angesehen. Eichen-Hagebuchen-Wälder werden nur noch für edaphische Sonderstandorte genannt. Anlässlich der pflanzensoziologischen Waldkartierung der achtziger Jahre wurde nur noch 1% der Waldfläche des Kantons Zürich dem *Galio-Carpinetum* zugesprochen; hingegen über 45% dem *Galio odorati-Fagetum* (SCHMIDER et al. 1993). Viele der Eichen-Hagebuchen-Bestände werden jetzt als anthropogen begünstigte, ehemalige Mittelwälder aufgefasst. In solchen Beständen werden kaum mehr Vegetationsaufnahmen, die eine Typisierung zum Ziele haben, durchgeführt; man beschränkt sich auf Buchenbestände.

Ein anderes Beispiel: In seiner Beschreibung des *Piceetum montanum galietosum* bemerkt BRAUN-BLANQUET et al. (1954), dass im Areal dieser Assoziation (Prätigau, Churer-Becken, Bündner Oberland) häufig Buchen vorkommen. Diese Buchen wären aus heutiger Sicht wichtiges Indiz, um potentielle

Buchenstandorte zu vermuten und gerade dort eine Vegetationsaufnahme zu machen. BRAUN-BLANQUET behauptet jedoch, die Buchen seien in der Regel durch forstliche Eingriffe begünstigt worden. Deshalb hat er Bestände mit Buchen konsequent gemieden und seine Aufnahmen oftmals in Bestände gelegt, die nach unserer heutigen Auffassung als anthropogen verfichtete Tannen-Buchen-Standorte aufgefasst und die für eine Gliederung kaum mehr mit Aufnahmen abgedeckt würden.
Im Gegensatz zu BRAUN-BLANQUET, der Zeit seiner intensiven Bearbeitung der Vegetation der Schweiz den Buchenwäldern nur gerade 11 Vegetationsaufnahmen widmete (BRAUN-BLANQUET 1932), sind Buchenwälder heute offenbar von viel grösserem Interesse. So sind in der vegetationskundlichen Datenbank (WOHLGEMUTH 1992) von den ca. 6'500 erfassten Vegetationsaufnahmen ca. 35 % im Sinne von ELLENBERG und KLÖTZLI (1972) buchenfähigen Standorten zuzurechnen.
Neuere Arbeiten der Waldvegetationskunde der Schweiz verpflichten sich der von ELLENBERG (1963) zum Durchbruch verholfenen Betrachtungsweise der Ökogramme. Für verschiedene Baumarten stellt er einen Potenzbereich, ein Potenzoptimum und, soweit sinnvoll, einen Herrschaftsbereich dar. Betrachtet man das Ökogramm der Buche (submontane Stufe mit gemässigt-subozeanischem Klima), so fällt auf, dass sich im Gegensatz zu den übrigen Baumarten die drei Bereiche nahezu decken. Diese Vorstellung ist Grundlage für den in den neueren Arbeiten feststellbaren "fagozentrischen" Blickwinkel: Es wird davon ausgegangen, dass das festgestellte Vorhandensein von Buchen in den meisten Fällen bereits genügt, um die Vorstellung einer "potentiell natürlichen Vegetation" zu postulieren, bei der die Buche mindestens erheblich am Bestandesaufbau beteiligt ist. Diesem gedanklichen Hintergrund verpflichtet sich auch die vorliegende Arbeit.
Da in der Schweiz kaum Bestände mit eindeutigem Urwald-Charakter aufgenommen werden können, sollte der Begriff der "potentiell natürlichen Vegetation" nur mit Vorsicht angewandt werden. In der vorliegenden Arbeit werden zur Bildung der Vorstellungen der "potentiell natürlichen Vegetation" ebenfalls Bestände herbeigezogen, die durchaus Spuren einer Bewirtschaftung aufweisen können. Dabei darf jedoch die Baumartenzusammensetzung nicht von den Vorstellungen des natürlichen Zustandes abweichen. Diese leiten sich aus dem standörtlichen Verhalten der einzelnen Baumarten unter Konkurrenzdruck ab. Es dürfen zudem keine Standortsveränderungen vorhanden sein, die sich eindeutig auf eine frühere, standortsfremde Bestockung zurückführen lassen. Diese Auffassung deckt sich ungefähr mit dem Begriff

des "Naturwaldes", wie ihn KORPEL (1995) versteht: "Für den Charakter des Naturwaldes kann ein solches Mass äusserer Einflüsse ... zugelassen werden, welches ... die Regeneration in den ursprünglichen Zustand erlaubt". Werden Idealbilder des "Naturwaldes" formuliert, muss Klarheit herrschen, auf welchen Entwicklungszustand sie sich beziehen. Bei den meisten Wald-Vegetationsaufnahmen des Untersuchungsgebietes wurden Bestände aufgesucht, die etwa der von LEIBUNDGUT (1959) beschriebenen "Optimalphase" entsprechen und z.T. bereits Auflichtungen im Sinne von Zerfallserscheinungen aufweisen. Die aus diesen Aufnahmen abgeleiteten Typen widerspiegeln deshalb nur eine Optimalphase der "potentiell natürlichen Vegetation".

Weiter muss beachtet werden, dass sich die Zusammensetzung der Waldvegetation der Schweiz in der letzten Zeit offenbar stark verändert hat. KUHN et al. (1987) haben bei der Wiederaufnahme ca. 40-jähriger Vegetationsaufnahmen eine deutliche Abnahme der Artenzahl sowie eine stärker Stickstoff- und Schatten-zeigende Vegetation festgestellt. Dies mag wohl auf eine Veränderung der Umweltbedingungen sowie auf eine andere Bewirtschaftung zurückzuführen sein. Da die von KUHN et al. untersuchten Bestände ursprünglich mit bestimmten Absichten subjektiv ausgewählt wurden, muss immerhin vermutet werden, dass damals tendenziell eher lichte und artenreiche Bestände aufgenommen wurden, da sie bewusst als Grundlage für die Bildung einer Typus-Vorstellung ausgewählt wurden. Die Arbeit, für die die Aufnahmen ursprünglich verwendet wurden, verpflichtete sich einer Charakterartenlehre, die an ausgewählten Arten ein besonderes Interesse zeigt. Artenreiche Bestände sind für die Darstellung der Bandbreite eines Typus wesentlich attraktiver als artenarme. In Typen, die aus artenreichen Beständen gebildet wurden, können artenarme Bestände wesentlich besser erkannt werden als umgekehrt. Mit grösster Wahrscheinlichkeit würden die Autoren unter gleichen methodologischen Rahmenbedingungen heute ganz andere Bestände aufnehmen als sie damals ausgewählt hatten. Streng genommen kann somit lediglich ausgesagt werden, dass sich der untersuchte Bestand und nicht die gesamte Vegetation verändert hat.

Zur Zeit werden auf einem Transekt durch die ganze Schweiz in grossem Umfange ältere Vegetationsaufnahmen wiederholt, um allfällige Vegetationsveränderungen im Rahmen von Klimaveränderungen aufzuzeigen (KLÖTZLI, in Vorb.). Erste Auswertungen zeigen erstaunliche Veränderungen, die sich bereits nach kurzer Zeit einstellen.

Die Vermutung liegt nahe, dass die Vegetation ein wesentlich grösseres dyna-

misches Moment in sich birgt, als bei den bisherigen Betrachtungsweisen vermittelt worden ist. Eine Vegetationsaufname stellt lediglich eine Momentaufnahme dar, die am ehesten mit einer Photographie von am Himmel vorbeiziehenden Wolken verglichen werden kann (KLÖTZLI, mündl. Mitt.).
Für die Bildung eines Typus ist es somit notwendig, möglichst viele Aufnahmen aus verschiedenen Phasen der Vegetationsveränderung einzubeziehen und diese mit standörtlichen Merkmalen zu untermauern. Solange nicht schlüssig aufgezeigt werden kann, dass sich die Vegetation nicht nur ändert, sondern sich rasch in eine bestimmte Richtung entwickelt, können ältere Vegetationsaufnahmen wertvolle Dienste zur Darstellung der Bandbreite eines Typus leisten, obwohl sich die realen Bestände allenfalls stark verändert haben. Deshalb sollten sie nach Möglichkeit mit neuerem Material ergänzt werden. Zudem sollten die Absichten des jeweiligen Autors rekonstruiert und in die Auswertung eingebracht werden.

2.1.4. Gefahr des Intentionsverlustes

Nach diesem kleinen Exkurs wird klar, dass Wald-Vegetationsaufnahmen unterschiedlichster Autoren nicht nur als formalisierte Artenlisten nach statistischen Kriterien miteinander verglichen und gruppiert werden sollten, damit ein brauchbares System von Typen erzielt werden kann. Vielmehr muss der geistige Hintergrund jeder Aufnahme aufgearbeitet und in die Analyse eingebracht werden. Bei Typen, die auf diese Art entstanden sind, kann meistens verstanden werden, was "gemeint" ist - eine unbedingte Voraussetzung, wenn die Typen für Feldansprachen im Rahmen von Kartierungen verwendet werden sollten. Typen, die aus statistischen Gruppierungen formalisierter Daten entstanden sind, haben die ursprüngliche Intention verloren, sie sind nur schwer erfassbar und werden bei einer Feldansprache häufig als "unpassend" empfunden.
Ein treffendes Beispiel hierzu dürften wohl die rein analytisch, durch Sichtlochkartenvergleich formalisierter Artenlisten gebildeten 71 Einheiten von ELLENBERG und KLÖTZLI (1972) sein. Bei der Anwendung dieses Werkes kann oft festgestellt werden, dass ein plausibles Bild der Einheit erst dann entsteht, wenn über die genannten Synonyme und die Angaben über das verwendete Aufnahmematerial der Zugang zur Originalliteratur ermöglicht wird. Die Typen der zugrundeliegenden Literatur wurden fast durchwegs ohne "Intentionsverlust" mit Hilfe von "Idealbildern" gebildet und werden deshalb häufig als "plausibler" empfunden.

Der analytische Ansatz hat den grossen Vorteil, dass der Weg von den formalisierten Vegetationsaufnahmen bis zur Typenbildung, also die pflanzensoziologische "Tabellenarbeit", methodisch einwandfrei mit Hilfe von Algorithmen nachvollzogen werden kann. Eine solche Arbeit erhebt dann meist den Anspruch der wissenschaftlichen Objektivität, obwohl die Aufnahmeorte der zugrundliegenden Vegetationsaufnahmen oft nach sehr subjektiven Kriterien ins Gelände gelegt wurden. Um tatsächlich eine möglichst grosse Objektivität zu erreichen, müssten die Aufnahmen zufällig oder systematisch über das Untersuchungsgebiet verteilt werden; eine Voraussetzung, die in kaum einer der grösseren pflanzensoziologischen Arbeiten vorhanden ist.

2.1.5. Räumliche Verteilung der Vegetationsaufnahmen und Autokorrelation

Eine Typusvorstellung sollte nach Möglichkeit durch mehrere Vegetationsaufnahmen belegt werden. Dabei spielt die räumliche Verteilung der Aufnahmen im Untersuchungsgebiet eine wichtige Rolle. Wenn davon ausgegangen wird, dass ein Typus im gesamten Untersuchungsgebiet vorkommen kann, dann sollte das Aufnahmematerial, das zur Bildung eines Typus herbeigezogen wird, möglichst regelmässig über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilt sein. Wird ein weit verbreiteter potentieller Typus nur mit Material gefasst, das aus einer kleinen Ecke seines Verbreitungsgebietes stammt, so besteht die Gefahr, dass die Verhältnisse in der gegenüberliegenden Ecke nicht befriedigend erklärt werden können. Die mässig trockenen Standortsverhältnisse des warmen Kalk-Buchenwaldes, der von ELLENBERG und KLÖTZLI (1972) als *Pulmonario-Fagetum melittetosum* beschrieben wurde, kommen im Untersuchungsgebiet häufig vor; sie können jedoch mit den vorhandenen floristischen Definitionen nur unbefriedigend angesprochen werden, da die Typusvorstellungen aus Jura- und Mittelland-Aufnahmen gebildet wurden (vgl. Fig. 1). Das Areal dieser Gesellschaft umfasst somit eigentlich nur Teile der Jura- und Mittellandregion. Das vorliegende Untersuchungsgebiet liegt klar ausserhalb dieser Region. Es ist deshalb nicht weiter verwunderlich, wenn die Typusvorstellungen hier als unzutreffend empfunden werden. Würde der zugrunde liegende Datensatz um eine genügend grosse Zahl von Aufnahmen aus den nordalpinen Föhntälern ergänzt, so würde sich je nach Auswertungsmethodik entweder die Definition ändern, oder ein neuer Typus müsste gebildet werden.
Wegen des hohen Niederschlagsgradienten und der petrographischen Vielfalt

des Untersuchungsgebietes darf davon ausgegangen werden, dass mindestens ein Teil der zu schaffenden Typen nur in gewissen Bereichen des Gebietes gefunden werden können, dort dafür sehr verbreitet sind und in anderen Teilen über grosse Flächen völlig fehlen. Von einer nicht repräsentativen räumlichen Verteilung sollte erst gesprochen werden, wenn die Vegetationsaufnahmen eines Typus nicht über sein gesamtes Verbreitungsgebiet verteilt sind; dabei genügt es nicht, festzustellen, dass die Aufnahmen eines Typus nur aus einem Teil des gesamten Untersuchungsgebiet stammen.
Streng genommen sollte das Verbreitungsmuster eines Typus bereits bekannt sein, wenn die für seine Definition notwendigen Bestände ausgewählt werden. Dies ist wohl nur mit einer ausgesprochen guten, vorgängig erworbenen Kenntnis der zu bearbeitenden Region möglich. Um diesem Problem zu begegnen, kann das Untersuchungsgebiet in zahlreiche Teilgebiete aufgeteilt werden, die beispielsweise einheitliche petrographische oder klimatische Verhältnisse aufweisen. Für jede dieser Teilflächen kann ein möglichst vollständiges Typensystem aufgestellt werden. Gewisse Typen können später mit ähnlichen Typen anderer Teilgebiete zu weitverbreiteten Typen zusammengefasst werden.
Ein anderer Weg zur Lösung dieser Probleme besteht darin, dass in einem ersten Schritt ein provisorisches System, das zunächst räumliche Lücken aufweist, erschaffen wird, das mit Hilfe von Testkartierungen, die über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilt sind, überprüft und, sofern notwendig, mit zusätzlichen Aufnahmen ergänzt wird. So können die Typusvorstellungen sukzessive soweit verfeinert werden, dass ein idealisierter Typus entsteht, der alle gebietsspezifischen Besonderheiten einschliesst und in seinem gesamten Verbreitungsbereich als "zutreffend" empfunden wird. Ein Simulationsmodell zwischen Standortfaktoren und Vegetationseinheiten, wie es BRZEZIECKI et al. (1993) für die Verbreitung der Waldgesellschaften der Schweiz beschrieben haben, könnte mit dem provisorischen System geeicht werden, um die potentielle Verbreitung einer Einheit im Untersuchungsgebiet abzuschätzen. Aber gerade für seltene, sich azonal verhaltende Einheiten liefern solche Simulationen wohl nicht die gewünschten Aussagen.
Bei der Verwendung von Aufnahmematerial der Literatur wird oft vernachlässigt, dass sich die jeweilige Arbeit auf ein bestimmtes Untersuchungsgebiet bezieht, und dass dieses nicht immer problemlos verändert werden darf. Namentlich wenn aus einem ursprünglich sehr kleinen Untersuchungsgebiet sehr viele Vegetationsaufnahmen vorliegen (z.B. LINDER 1970, 1971), können diese die Typusvorstellungen einer späteren Auswertung mit viel

grösserem Untersuchungsgebiet stark beeinflussen; so stammen ca. 100 der 180 Aufnahmen des *Milio-Fagetum* von ELLENBERG und KLÖTZLI (1972), das im gesamten Mittelland und den nördlichen Voralpen sehr häufig ist (nach SCHMIDER et al. (1993) sind mehr als 12% der Waldfläche des Kantons Zürich dem *Milio-Fagetum* zuzurechnen), aus dem verhältnissmässig sehr kleinen westlichen Aargauer Mittelland.
Werden die Aufnahmeorte etwas genauer unter die Lupe genommen, so kann oft Erstaunliches festgestellt werden: 13 der 24 das Untersuchungsgebiet betreffenden Vegetationsaufnahmen von MOOR (1975b) stammen aus einem Abschnitt des Leistbachtobels (Gemeinde Alt St.Johann/SG), der weniger als 2 km umfasst! Einige dieser Aufnahmen dürften aus demselben Bestand stammen und sind sich in ihren Merkmalen wohl sehr ähnlich. Wird aus diesen Aufnahmen ein Typus gebildet, so erscheint er in einer Vegetationstabelle als sehr einheitlich, kann aber unter Umständen in anderen Gebieten nur mit Mühe wiedererkannt werden.
Solche Probleme der "Räumlichen Autokorrelation" sind sehr vielen pflanzensoziologischen Arbeiten eigen. Mit Hilfe statistischer Methoden (z.B. LEGENDRE und FORTIN 1989) können Ähnlichkeitsdistanzen mit geographischen Distanzen von Vegetationsaufnahmen verglichen werden. Daraus kann eine kritische Distanz abgeleitet werden, die nicht unterschritten werden darf, wenn zwei Aufnahmen des gleichen Typs nahe beieinander liegen.

2.2. KONKRETE VORGEHENSWEISE

2.2.1. Vorbereitung

In einem ersten Schritt wurden alle Vegetationsaufnahmen der Wälder des Untersuchungsgebietes (inkl. Nachbargebiete mit ähnlichen Verhältnissen) zusammengetragen. Insgesamt konnte damit ein Datensatz von über 480 Aufnahmen erarbeitet werden (KOCH 1926; KUOCH 1954, LINDER 1970, 1971; MOOR 1975a,b; ROTH 1977; SCHMIDER und BURNAND, 1988; TREPP 1947, 1979, 1981). Diese Aufnahmen wurden einzeln gesichtet und daraus ein provisorisches System von möglichst plausiblen Idealbildern formuliert. Auf zahlreichen Geländebegehungen, die das Untersuchungsgebiet in seiner Breite mehr oder weniger erfassten, wurden Lücken aufgedeckt und die Idealbilder um weitere Hypothesen ergänzt. Wichtig in diesem Prozess waren die zahlreichen Diskussionen mit pflanzensoziologisch tätigen Personen (M. Bichsel, Schiers;

M. Frehner, Sargans; F. Klötzli, Zürich).

2.2.2. Erste Feldaufnahmen

2.2.2.1. Vegetationsaufnahmen

Innerhalb einer Feldperiode wurden insgesamt 179 Vegetationsaufnahmen der "Schule Zürich-Montpellier" (BRAUN-BLANQUET 1964) ins Feld gelegt. Die Auswahl der Aufnahmeorte geschah mit Hilfe der vorgängig formulierten Idealbilder: Es wurden Bestände aufgesucht, die den Typusvorstellungen möglichst nahe kamen. Das System der Idealbilder wurde im Laufe der Aufnahmeperiode laufend kritisch überprüft und ergänzt. Es wurde darauf geachtet, dass jeder Typus nach Möglichkeit mehrfach erfasst wurde. Die Vegetationsaufnahmen sollen als Grundlage zu einem System dienen, das die "potentiell natürliche Vegetation" (vgl. Kap. 2.1.3.) des Untersuchungsgebietes gliedert. Diese Vorstellungen sind nach TÜXEN (1956) eindeutig spekulativ und fliessen in der vorliegenden Arbeit über die Idealbilder in die Auswahl der Aufnahmeorte ein. Die Bestände können somit als reale Ausprägungen der Vorstellung der "potentiell natürliche Vegetation" aufgefasst werden. Es wurden in erster Linie Bestände aufgenommen, deren Baumartenzusammensetzung vermutlich keiner anthropogenen Beeinflussung unterlagen. Diese Beurteilung geschah über die Vorstellungen der von ELLENBERG (1963) vorgeschlagenen Begriffe des Potenzbereiches, des Potenzoptimums und des allfälligen Herrschaftsbereiches der einzelnen Baumarten (vgl. Kap. 2.1.3.). Die aufgenommenen Bestände, die sich im Sinne von LEIBUNDGUT (1959) in der Optimalphase befanden, sind durchwegs relativ alt.
Um der "räumlichen Autokorrelation" zu begegnen, wurde beachtet, dass erst wieder eine Vegetationsaufnahme gemacht wurde, wenn die Standortsverhältnisse mindestens einmal derart stark gewechselt hatten, dass ein anderer Typ vermutet werden musste. Blieben die Verhältnisse über grössere Flächen ähnlich, so wurde mindestens 300 m gegangen, bis wieder eine Aufnahme gemacht wurde. Die Grösse der Aufnahmefläche wurde je nach Vegetationstyp neu gewählt. Sie stellt eine Kombination zwischen standörtlicher Homogenität und "minimaler Waldeinheit" dar. So sind die Aufnahmen der Laubwaldstufe kleiner (ca. 200 m^2) und standörtlich homogener als jene gegen die Waldgrenze hin gelegenen, wo kleinstandörtliche Unterschiede immer deutlicher werden und sich die Bäume auf günstigen Kleinstandorten zusammenrotten. Zugunsten einer minimalen Waldeinheit, die aus Baum-Rotten und

kleinen Blössen besteht, wurden dort relativ grosse Vegetationsaufnahmen (z.T. mehr als 500 m^2) gewählt. Sie umfassen meist mehrere, an sich unterscheidbare Kleinstandorte. Diese Methode musste gewählt werden, damit die neuen Aufnahmen mit jenen der Literatur verglichen werden konnten.
Aufgenommen wurden alle Farn- und Blütenpflanzen. Die Nomenklatur folgt HESS et al. (1976-80). Die Moose wurden gesammelt und anschliessend im Labor mit der Flora von BERTSCH (1966) bestimmt. Nur die in Tab. 1 enthaltenen, leicht bestimmbaren Moose sind in den Datensatz aufgenommen worden. Die übrigen Moose sind als Herbarbelege beim Autor einsehbar.
Zwischen Mitte Mai und Anfangs August 1989 wurde die erste Serie der Vegetationsaufnahmen durchgeführt. Alle Bestände sind nur einmalig aufgesucht worden. Damit eine möglichst vollständige Liste der vorkommenden Arten erstellt werden konnte, erfolgten die Aufnahmen mit folgendem Zeitraster: Im ersten Monat wurden in erster Linie Standorte auf frischen, nährstoff- und kalkreichen Böden der tieferen Lagen erfasst, damit die dort verbreiteten, diagnostisch wichtigen Frühjahrsgeophyten noch angetroffen werden konnten (KELLER 1992). Mitte der Feldperiode wurden saurere und trockenere Standorte der tieferen und mittleren Lagen sowie die frischen, nährstoffreichen Standorte der kühleren Lagen aufgenommen. Vorallem gegen Ende der Feldperiode erfolgte die Bearbeitung der zwergstrauchreichen Bestände sowie der höchsten Lagen.

2.2.2.2. Ansprache der Böden

Bei jeder Vegetationsaufnahme wurde der Boden bezüglich Humusformen und mineralischer Bodenhorizonte gutachtlich mit Hilfe makromorphologischer Merkmale angesprochen. Die Ansprache geschah einerseits an geöffneten Bodenprofilen, andererseit mit Hilfe von Bohrkernen. Die pH-Verhältnisse wurden mit Indikator (HELLIGE) in verschiedenen Tiefen bestimmt. Mit Hilfe der in Fig. 7 wiedergegebenen Definitionsmatrizen wurde aus den festgestellten Merkmalen ein Bodentyp abgeleitet. Diese feldmässigen Ansprachen sollten in erster Linie zur Abdeckung des bodenkundlichen Spektrums der später zu bildenden Typen dienen. In einem weiteren Schritt war ursprünglich vorgesehen, auf den für jede Einheit zu bestimmenden Typusflächen ein Referenzprofil zu öffnen, eingehend zu beschreiben und mit Laborwerten über Wasserspeichervermögen und pH-Verhältnisse zu ergänzen. Auf dieses Vorhaben musste jedoch vorerst aus zeitlichen und finanziellen Gründen verzichtet werden. Während den später erfolgten Testkartie-

rungen wurden immer wieder Bohrkerne entnommen, die die Vorstellungen über die Bodenverhältnisse der einzelnen Typen laufend ergänzten.

2.2.2.3. Weitere Erhebungen

Neben den üblichen Daten über Meereshöhe, Exposition und Hangneigung wurde auf jeder Fläche ein Bestandesprofil skizziert, das später für die Darstellung der "idealisierten Bestandesprofile" der Typen benutzt werden konnte. An Referenzbäumen wurden Höhenmessungen durchgeführt; für die übrigen Bäume wurden die Höhen abgeschätzt. Jeder Bestand wurde zudem quer zur Fallinie photographiert.

2.2.3. Verarbeitung der Vegetationsaufnahmen

In einem ersten Schritt wurden alle Aufnahmen der Literatur EDV-mässig erfasst und in "ORIGDA"-Datenstruktur (WILDI und ORLOCI 1983) gebracht, so dass sie mit dem Programmpaket MULVA (WILDI und ORLOCI 1983) bearbeitet, mit verschiedenen multivariaten Statistikmethoden analysiert und dargestellt werden konnten. Aus verarbeitungstechnischen Gründen sind die verschiedenen Schichten der Baum- und Straucharten zusammengefasst worden: Baum- und Strauchschicht der Baumarten wurden zusammengenommen,

Tab. 1. Für die Auswertung verwendete Moose.
Moss species included in the analysis.

Acrocladium cuspidatum	*Mnium affine*
Atrichum undulatum	*Mnium spinosum*
Aulacomnium palustre	*Mnium undulatum*
Barbilophozia lycopodioides	*Neckera crispa*
Bazzania trilobata	*Pellia epiphylla*
Cirriphyllum piliferum	*Plagiochila asplenioides*
Cratoneurum commutatum	*Plagiothecium undulatum*
Ctenidium molluscum	*Pleurozium schreberi*
Dicranodontium denudatum	*Polythrichum commune*
Dicranella heteromalla	*Polythrichum formosum*
Dicranum scoparium	*Polythrichum juniperinum*
Drepanocladus uncinatus	*Polythrichum strictum*
Eurhynchium striatum	*Ptilium crista-castrensis*
Eurhynchium swartzii	*Rhytidiadelphus loreus*
Fegatella conica	*Rhytidiadelphus triquetrus*
Fissidens taxifolius	*Rhytidium rugosum*
Hookeria lucens	*Scleropodium purum*
Hylocomium splendens	*Sphagnum spec.*
Hylocomium umbratum	*Thamnobryum alopecurum*
Hypnum cupressiforme	*Thuidium tamariscinum*
Isothecium myurum	*Tortella tortuosa*
Leucobryum glaucum	

wobei der jeweils höhere Deckungswert zur Anwendung kam. Baumarten in der Krautschicht wurden weggelassen. Bei den Straucharten sind Strauch- und Krautschicht unter Verwendung des höheren Deckungswertes zusammengenommen worden. Die Nomenklatur der Farn- und Blütenpflanzen wurde auch für die Literaturaufnahmen an HESS et al. (1976-80) angepasst. Die Moose sind auf die in Tab. 1 wiedergegebenen Arten reduziert. In den Aufnahmen von KUOCH (1954) sind zahlreiche Arten in Klammern notiert (Arten, die unmittelbar ausserhalb der eigentlichen Aufnahmefläche festgestellt werden konnten). Da die abgesuchten Flächen in der Regel sehr gross (z.T. 1'500 m^2) und zudem sehr artenreich sind, wurden diese Arten weggelassen. So konnte ein Datensatz von insgesamt 659 Aufnahme- und 564 verschiedenen Artpositionen zusammengestellt werden (Grunddatensatz).
In einem weiteren Schritt wurde der gesamte Grunddatensatz mit dem von WILDI (1989) vorgeschlagenen numerischen Lösungsweg für pflanzensoziologische Tabellenarbeit bearbeitet. Als Grundlage für diesen Ansatz wurde der in ELLENBERG (1956) zur Darstellung der Tabellenarbeit verwendete Datensatz mit verschiedenen multivariaten Methoden (Gruppierungs- und Gradientanalysen; Programmpaket MULVA-4) solange bearbeitet, bis eine Tabelle vorlag, die der ELLENBERG'schen "differenzierten Tabelle" möglichst nahe kam. Als wichtigster Algorithmus zur Gruppierung der Vegetationsaufnahmen fand eine Minimum-Varianz-Clusteranalyse Anwendung. Alle im folgenden beschriebenen multivariaten Analysen wurden mit dem Programmpaket MULVA-4, Version 2.05, der Forschungsanstalt für Wald, Schnee- und Landschaft, Birmensdorf durchgeführt; die zugrunde liegenden Algorithmen sowie Lösungsstrategien sind in WILDI (1983) und WOHLGEMUTH (1990) festgehalten und werden hier nicht gesondert abgehandelt.
Der Grunddatensatz wurde in 15 Aufnahme- und 30 Artgruppen gegliedert; die Artenliste wurde auf die 200 bestdifferenzierenden Arten reduziert (JANCEY's Ranking). Die so entstandene geordnete Tabelle wurde bezüglich Plausibilität gutachtlich überprüft. Die auf den ersten Blick sehr gut differenzierte Tabelle weist bei näherer Betrachtung Gruppierungen auf, die, verglichen mit den Typusvorstellungen der Idealbilder, als unplausibel verworfen werden mussten; so konnten beispielsweise saure Buchenwälder nicht von sauren Eichen- oder Föhrenwäldern getrennt werden; Tannen-Buchen-Wälder wurden auf zahlreiche Gruppen verteilt und sind dort mit Beständen ganz anderer Vegetationen vermischt. Auch Versuche mit unterschiedlicher Zahl von Gruppen, anderen Ähnlichkeitsmassen und verschiedener Gewichtung der Deckungswerte ergaben keine zufriedenstellenden Lösungen.

Humushorizonte und Humusformen:

	Oberirdische Pflanzenreste	organische Feinsubstanz	Mull	Moder	Rohhumus/ Tangel	Torf
Streuhorizont L	> 90%	max. 10 %	+ / -	+ / -	+ / -	Im Wasser entstandene Humusform; Verwesung; unterschiedliche Humifizierung; Konservierung
Fermentationshorizont F	30% - 90%	10% - 70%				
Humusstoffhorizont H	max 30%	> 70%				
Humushaltige Mineral-Erde Ah	deutlich dunkel verfärbt, gekrümelt					

Mineralische Bodenhorizonte, Abfolgen und Typen:

		Skelett-Anteil	Feinerde	Hohlräume	Schutt-Bewegung	Vermischung der org. Subst.	Humusbildung (organ. Auflagehorizont)	Bodenentw. / Profildifferenz.	Bodenfeuchte / Vernässung	Durchlässigkeit	Typische Abfolge der mineralischen Bodenhorizonte	Humusformen: Rohh. / Moder / Mull / hydromorph
Rohböden	Gesteinsböden										A_i - [A_h] - C	
	Humus-Gesteinsböden (Kalk: Humus-Carbonatboden)						1)				$A_{(h)}$ - AC - C	
	Regosol (Mischgest.) Rendzina (Kalk)										A_h - AC- C_v - C	
Verwitterungsböden	Braunerde										$A/A_h/A_{hh}$ - B_v - C	
	Parabraunerde										$A/A_h/A_{hh}$ - (E) - B_v - B_t - C	
	Podsol										A_hE - E - B_h - B_{fe} - BC - C	
	Pseudogley			hydromorph							A_h - S_w - S_d - BC - C	
	Hanggley										A_h / A_a - G_o - G_r - C	
	Stagnogley										A_a - S_wE - S_d - C	

1) Auf Blockschutt sind z.T. mächtige organische Auflagen vorhanden

Horizontbeschreibungen (Definitionen und Merkmale):

A	**Oberbodenhorizont** (Mineralerde mit organischem Material)	E	**Auswaschungshorizont**, gebleicht (helle Farbe), verarmt
A_i	Initiales Mineralisches Material mit Pflanzenresten	S	**Stauwasserhorizont** (Fahl-Rot-Färbung, Rostflecken, Mangankonkretionen)
A_h	humushaltige Mineralerde, deutlich dunkle Farbe (Krümelgefüge)		
A_{hh}	schwärzliche Farbe (Hemmung in der Vermischung)	S_w	Stauwasserleiter
A_a	Anmoorhorizont, feucht bis nass, dunkel, z.T. anaerob	S_d	Staukörper (stark verdichtet)
B	**verwitterterMineralerdehorizont**, braun gefärbt (Anreicherung)	G	**Gleyhorizont**
B_v	deutliche Braunfärbung	G_o	Rostflecken
B_{fe}	rötliche Färbung, Anreicherung von Eisen nach Verlagerung	G_r	Reduktionsfarben (grau, bläulich)
B_h	schwärzliche Färbung, Anreicherung von organischem Material	T	**Torfhorizont**
B_t	Tonanreicherung nach Verlagerung (Tonhäute, prismatisches Gefüge)	( )	Merkmal undeutlich ausgebildet
C	**Ausgangsmaterial** (Untergrund, keine Bodenbildung)	/	Merkmale, Horizonte nebeneinander getrennt vorhande
C_v	beginnende Gesteinsverwitterung	[ ]	Merkmal diskontinuierlich ausgebildet

(nach Lüscher, 1991; Richard et al., 1978)

Fig. 7. Verwendete Bodenmerkmale und Bodenkundliche Definitionen.
Soil characteristics and pedological definitions used in the present study.

In einem nächsten Schritt wurde jede der 659 Aufnahmen einzeln als alphabetisch sortierte Artenliste mit Deckungswerten, Syntaxon des Autors, Meereshöhe, Exposition und Hangneigung (vgl. Typusaufnahmen in den Einheitsbeschreibungen) ausgedruckt. Mit einer gutachtlichen Beurteilung jeder Aufnahme wurde der Datensatz in 6 Teildatensätze aufgeteilt:

- Alle Wälder der tieferen Lagen, in denen die Buche dominant und bestandesbildend auftritt
- Tannen-, Buchen-, Fichtenmischwälder der höheren Lagen, bei denen die Buche noch am Bestandesaufbau beteiligt ist, jedoch nicht mehr reine Bestände auszubilden vermag
- Eschen- Ahorn- sowie Weisserlenwälder, die mindestens zeitweise vernässte Standortsverhältnisse aufweisen
- Ahorn-, bzw. Linden-Schuttwälder sowie Eichenwälder
- Fichten-, Tannen-Fichtenwälder der höheren Lagen sowie Arvenwälder
- Wald- und Bergföhrenwälder

Diese Aufteilung widerspiegelt sich in den Vegetationstabellen 1-6 (vgl. Beilage). Beim grösseren Teil der Aufnahmen bereitete die Zuordnung keine Schwierigkeiten. War die Zugehörigkeit nicht klar, so wurde zuerst die geographische Lage im Untersuchungsgebiet mit Hilfe der Kenntnisse der Umgebung (Idealbilder) beurteilt. Konnte noch kein Entscheid gefällt werden, so wurde mit Hilfe einer Ähnlichkeitsmatrix aller Aufnahmen diejenige Aufnahme gesucht, die die kürzeste Ähnlichkeitsdistanz zur fraglichen Aufnahme aufwies. Nun wurde die Zugehörigkeit der ähnlichsten Aufnahme beurteilt, was meist problemlos möglich war und eine Entscheidungshilfe für die fragliche Aufnahme lieferte.
101 Aufnahmen, die nicht zugeordnet werden konnten, wurden weggelassen. Es handelt sich dabei in erster Linie um Aufnahmen von LINDER (1970/71) und ROTH (1977), die wohl eher zufällig als mit idealtypischen Vorstellungen ausgewählt wurden. Es sind "Übergänge" von mehreren, bereits belegten Typen und stammen aus kleinen Teilgebieten, die mit überaus vielen Aufnahmen abgedeckt sind; sie sind wohl stark räumlich autokorreliert. Ebenfalls weggelassen wurden Aufnahmen, die eine eindeutig stark anthropogen beeinflusste Vegetation dokumentieren sowie solche, die eine Vegetation beschreiben, die nicht Gegenstand dieser Arbeit ist (z.B. baumfreie Hochstaudenfluren).
Analog der Bildung der sechs Hauptgruppen wurde nun jeder der Teildaten-

sätze in eine plausible Zahl von Einheiten aufgeteilt. Die idealtypischen Vorstellungen spielten dabei eine zunehmend wichtige Rolle. So konnten in einer ersten Version 66 Einheiten gebildet werden. Für Einheitspaare, die schwer zu trennen waren, namentlich für Bereiche mit Gradientcharakter, wurde die Gruppierung mit Hilfe einer Minimum-Varianz-Clusteranalyse durchgeführt.
Erst nachdem die Gruppierung der Aufnahmen abgeschlossen war, wurden zur Definition der festgelegten Einheiten Gruppen von Differentialarten gesucht. Zu diesem Zweck wurden alle Arten wiederum mit Hilfe einer Clusteranalyse gruppiert. Mit einem JANCEY's-Ranking wurden die "besten" Differentialarten der gefundenen Aufnahmegruppen herausgesucht. Die so erzeugte Tabelle musste wiederum gutachtlich überarbeitet werden, da für eine Feldansprache einer Einheit nicht alle Arten gleich gewichtet werden. So sind weniger verbreitete Arten mit geringeren Deckungswerten für Standortsdiagnosen oftmals wertvoller als Arten, die häufiger und stetiger auftreten.
Die Reihenfolge der Einheiten in den geordneten Vegetationstabellen folgt in erster Linie einem abnehmenden Säuregradienten. In Vegetationstabelle 4 verläuft der Gradient von kühl-feuchten Hochstauden-Ahornwäldern über Lindenwälder zu trocken-sauren Eichenwäldern. Die Einheiten der Tabelle 3 verlaufen von feuchten über nasse Laubmischwälder der Hanglagen zu immer extremeren Auenstandorten.

2.2.4. Überprüfen der Einheiten mit Hilfe von Kartierungen

Die Plausibilität der ausgeschiedenen Einheiten wurde in erster Linie mit Hilfe von Kartierungen überprüft. Damit die in den Vegetationstabellen dargestellten Einheiten im Gelände problemlos wiedergefunden werden konnten, wurde anlässlich der ersten Kartierperiode (vgl. Tab. 2) für die Hälfte der Einheiten ein Typusblatt erstellt, worin die der Typisierung zugrunde liegenden Idealbilder vermittelt werden (vgl. Kap. 3.2). Die nur schwer zu lesenden Vegetationstabellen wurden zu sogenannten Netzschlüsseln zusammengefasst (vgl. Kap. 3.7). In der ersten Kartierperiode dienten diese Schlüssel als wichtigste Kartiergrundlage. Damit die Kartierungen auch wirklich alle Schwierigkeiten aufzeigen können, wurde mit einem Team von 3 bis 6 botanisch ausgebildeten Personen unterschiedlichster Kartiererfahrung gearbeitet (vgl. Tab. 2). Die Kartierenden erhielten eine knappe Einführung in das System der Einheiten und kartierten möglichst bald selbständig. Kartierende ohne Erfahrungen wurden in einer ersten Phase begleitet. In einem ersten Überblick über die

jeweilige Kartierfläche wurden die zonalen Hauptwaldstandorte mit ihren ungefähren Höhenverbreitungen bestimmt und im Team diskutiert. Die Kartierperimeter wurden anschliessend nach der von BURNAND et al. (1986) vorgeschlagenen Methode zur Erfassung von Waldgesellschaften flächig begangen. Sofern die Topographie dies zuliess, wurden die Flächen höhenlinienparallel im Abstand von ca. 30 bis 50 m abgeschritten. Dabei wurde laufend die zutreffendste Einheit bestimmt. Veränderte sich die Vegetation, so wurde rückblickend eine möglichst plausible Grenze gutachtlich gezogen. In der Regel wurden nur Flächen mit einer minimalen Ausdehnung von ca. 20 auf 40 m ausgeschieden. Bei wiederholtem Auftreten von Einheiten mit kleinerer Ausdehnung kam eine Mosaikdarstellung zur Anwendung. Die ausgeschiedenen Flächen wurden auf topographischen Grundlagenplänen im Massstab 1:5'000 mit 10 m Höhenlinienabstand übertragen. Auf diese Weise wurden im ersten Sommer 1'390 ha kartiert. Die Kartierenden wurden vom Autoren regelmässig bei den Kartierarbeiten besucht. Dies diente einerseits der kritischen Überprüfung der Kartierungen, andererseits konnten aufgetretene Schwierigkeiten diskutiert und die Typusvorstellungen verfeinert werden.

Tab. 2. Flächen der einzelnen Kartierungen nach Feldperioden.
Areas of test mappings (ordered according to time of field work).

Kartierfläche:	Fläche (ha) 1990	Fläche (ha) 1991	Fläche (ha) 1992	Anzahl Kartierende
1. Frümsen	330			5
2. Gams	370			5
3. Alt St. Johann-Lauiberg		138		3
4. Grabserberg		684		6
5. Amden-Laubwald			143	4
6. Amden-Furggelen	90			4
7. Buchs-Tobelbach			295	6
8. Quinten	190			4
9. Walenstadt	220			3
10. Tscherlach	110			3
11. Berschis	80			4
12. Wartau		382		5
13. Mels-Spina			237	5
14. Mels-Chapfen		113		3
Total ha:	**1390**	**1317**	**675**	

2.2.5. Verbesserung des Systems

Während der Periode der ersten Testkartierungen wurden die Schlüssel und in erster Linie die Idealbilder laufend den neu gewonnenen Erfahrungen angepasst. Es wurde vor allem festgestellt, dass jene Einheiten, die noch über keine Typusblätter verfügten, bei der Ansprache wesentlich mehr Schwierigkeiten bereiteten, als solche, bei denen die Idealbilder bereits konkret ausformuliert waren. Zur Vervollständigung der Bandbreiten der Einheiten wurden laufend Zusatzaufnahmen durchgeführt. Ebenso wurden Orte, die den Typusvorstellungen besonders nahe kamen, aufgenommen.
Für die zweite Kartierperiode wurden Schlüssel und Typusblätter grundlegend überarbeitet und weiter vervollständigt. Während des zweiten Kartiersommers konnten wiederum 1'317 ha in Gebieten mit z.T. neuen Standortsverhältnissen in ähnlicher Art und Weise kartiert werden (vgl. Tab. 2). Die gewonnenen Erfahrungen wurden wiederum in einer Gesamtbearbeitung der Schlüssel und Typusblätter verarbeitet. Mit Ausnahme einer leicht abweichenden soziologischen Nomenklatur sowie einer anderen bodenkundlichen Terminologie entsprach diese Version weitgehend der vorliegenden.
In einer dritten Kartierperiode wurden nochmals 675 ha mit z.T. anderen Kartierenden aufgenommen. Mit Befriedigung konnte festgestellt werden, dass Schlüssel und Idealbilder nicht mehr geändert werden mussten. In der Folge wurden nun die Vegetationstabellen gründlich überarbeitet und um 32 zusätzliche Aufnahmen erweitert.

2.2.6. Zeigerwert-Analysen und Korrespondenz-Analysen

Neben den Testkartierungen, die in erster Linie den Bezug des aufgestellten synthetischen Systems zur realen Vegetation des Untersuchungsgebietes auf zeigen, wurde das System zusätzlich anhand der zur Verfügung stehenden Daten analytisch getestet. Der Vorteil solcher Analysen liegt wohl darin, dass sie methodisch nachvollziehbar sind. Sie analysieren das System jedoch nur im Bereich der Vegetationsaufnahmen, die bereits zur Definition des Systems verwendet worden sind. Im Gegensatz zu den Testkartierungen vermögen sie lediglich Aufschluss über die Güte der Tabellenarbeit und der floristischen Differenzierbarkeit der vorgeschlagenen Einheiten zu geben. Über die Leichtigkeit, mit der die Verhältnisse in der realen Vegetation erklärt werden können, liefern sie keine Angaben.

Für jede der 590 letztendlich verwendeten Vegetationsaufnahmen wurde der mittlere Zeigerwert der Feuchte- (F), Nährstoff- (N) und Reaktionszahl (R) nach LANDOLT (1977) berechnet. Die Zeigerwerte der einzelnen Arten wurden den Deckungswerten entsprechend linear gewichtet. Die Zeigerwerte der Baumarten wurden weggelassen, da sie mit den in der Regel sehr hohen Deckungswerten die Analyse stark beeinflussen und häufig die standörtlichen Verhältnisse der jeweiligen Bestände schlecht charakterisieren. Anschliessend wurde der mittlere Zeigerwert je Einheit berechnet. Um eine Ahnung über die Verteilung der einzelnen Aufnahmen innerhalb der Einheit zu erhalten, wurde für jeden Mittelwert eine Standardabweichung berechnet. Die Mittelwerte der Einheiten mit den Bereichen wurden nun je Vegetationstabelle in F/R-Diagramme eingezeichnet (vgl. Fig. 11/12). Mathematisch gesehen ist die vorgeschlagene Analyse zweifelhaft, handelt es sich doch bei Zeigerwerten um ordinale und nicht um kardinale Grössen, die im Prinzip nicht gemittelt werden dürfen. Erfahrungsgemäss liefern jedoch die vorgeschlagenen Berechnungen Hinweise, die zur ökologischen Charakterisierung recht brauchbar sind. MÖLLER (1987) entwickelte mit dem Reaktionszahlindex eine Methode, mit der diese Probleme umgangen werden können. Allerdings bezieht sich die Methode auf die Zeigerwerte von ELLENBERG (1979). Bezüglich Aussagekraft bietet der Reaktionszahlindex offenbar keine Vorteile gegenüber den gemittelten Werten.

Um die Ähnlichkeitsbeziehungen zwischen den einzelnen Aufnahmen darzustellen, wurde für jede Vegetationstabelle eine Korrespondenzanalyse gerechnet und als Ordination dargestellt (vgl. Fig. 13-18). Die Berechnungen wurden wiederum mit MULVA-4 (vgl. Kap. 2.2.3) durchgeführt. Die Deckungswerte der einzelnen Arten wurden durch die Quadratwurzel der linearen Werte gewichtet. Als Ähnlichkeitsmass im Teilprogramm RESE (Ähnlichkeitsmatrix) diente das unzentrierte Skalarprodukt (Standardmethode). Für die Korrespondenzanalyse (Teilprogramm PCAB) wurde die "normale" Methode angewandt (vgl. WOHLGEMUTH, 1990). Den als Ordination der ersten drei Achsen dargestellten Werten der einzelnen Vegetationsaufnahmen wurden die Einheitszugehörigkeiten der tabellarischen Auswertungen zugeordnet. Auf die Darstellung weiterer Achsen wurde aus Platzgründen verzichtet. Die Korrespondenzanalysen wie auch die Zeigerwertanalysen wurden erst nach Beendigung der Tabellenarbeit durchgeführt und haben die Bildung der Typen nicht beeinflusst.