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

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 76 (1982)

Artikel: Alpine Rasengesellschaften auf Silikatgestein bei Davos : mit farbiger Vegetationskarte 1:2500 = Alpine grassland communities upon silicate substrate near Davos : with a coloured vegetation map 1:2500

Autor: Vetterli, Luca

Kapitel: 3: Methoden

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-308682

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: 15.07.2025

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

langsam wiederbesiedelt werden (MEISTERHANS 1981). Eine allfällige neue Bodenbildung ist nicht voraussehbar. Hingegen treten bereits nach wenigen Jahren Erosionsschäden auf, die sich zum Teil auf die angrenzenden Böden auswirken (MOSIMANN 1981).

Die direkten Einflüsse des Skibetriebes (Vegetationsschäden und Bodenabtrag durch Skikanten und Pistenpräparierungsmaschinen) bleiben im allgemeinen eng lokalisiert. Sie können aber durch Erosionsförderung Folgenschäden verursachen. Hingegen ist eine allgemeine Schädigung durch Pistenpräparierung im Untersuchungsgebiet nirgends augenfällig. Es sind ebenfalls keine Einflüsse des Sommertourismus, wie das von LIPPERT (1972) beschriebene Verschwinden schön blühender, von den Touristen begehrter Pflanzenarten in der Nähe der Wanderwege, ersichtlich. (Im Untersuchungsgebiet ist das Pflücken und Ausgraben von Pflanzen nicht gestattet).

Touristische Infrakstrukturen im allgemeinen (Wanderwege, Fahrwege für Geländefahrzeuge, Skilifte, Bahnen und dazugehörige Bauten) bilden weitere menschliche Eingriffe in das Untersuchungsgebiet. Ihre Auswirkung besteht vor allem aus der Zerstörung der Vegetation am Ort ihrer Erstellung, aber auch aus den Folgen ihrer Nutzung (Skigebiete usw.).

3. Methoden

3.1. *Datenerhebung*

3.1.1. *Wahl der Aufnahmeflächen und Lokalisierung*

Die möglichst vollständige Erfassung aller Rasengesellschaften des Untersuchungsgebiets war das wichtigste Kriterium, welches der Wahl der Aufnahmeflächen zugrunde lag. Diese Wahl ist demensprechend weder zufällig noch auf Pflanzengesellschaften beschränkt, die in der Literatur bereits beschrieben wurden.

Die topographische Verteilung der Aufnahmeflächen ist aus Abb. 1 (S. 8) ersichtlich. Diese erreichen ihre maximale Dichte (etwa 1 Fläche/ha) im

topographisch vielfältigen Kerngebiet (s. Kap. 2.1). Aufnahmeflächen aus dem weiteren Untersuchungsgebiet belegen vielfach Standortstypen, die im Kerngebiet nicht oder nur auf kleinsten Flächen vertreten sind (z.B. steile Nordhänge oder Standorte auf Kalkschiefergestein).

Die grosse Mehrheit aller Aufnahmeflächen liegt in mehr oder weniger geschlossenen zum Teil zwergstrauchreichen Rasen, eine Minderheit in vorwiegend nördlich exponierten Schutthängen. Felsstandorte sowie Schuttflächen mit nur sehr geringer Vegetationsbedeckung wurden vegetationskundlich nicht untersucht. Eine vegetationskundliche Studie der Dolomitstandorte, die dem Untersuchungsgebiet angrenzen, ist in VETTERLI (1981) erschienen.

Zehn Aufnahmeflächen (Nr. 88-97) wurden erst nach der Erarbeitung des Kartierungsschlüssels gezielt in denjenigen Pflanzenbeständen angelegt, die eine vom Schlüssel abweichende Artenzusammensetzung aufwiesen. Dadurch erhöht sich die Zahl der Vegetationsaufnahmen, die zu keiner der eigenen Vegetationseinheiten zuteilbar sind, zusätzlich (s. Kap. 4).

Der Grossteil der Aufnahmeflächen wurde zum Zeitpunkt der Befliegung des Gebiets zur Herstellung farbiger Luftbilder (s. Kap. 3.3.2) zwecks genauer Lokalisierung mit weissen oder orangefarbigen Täfelchen markiert. Diese Täfelchen wurden aber auf den Luftbildern wegen deren starken Ueberbelichtung nur teilweise abgebildet. Dadurch konnten mehrere Aufnahmeflächen nicht mehr wie geplant auf 5 m genau lokalisiert werden. Aus diesem Grund wurde später darauf verzichtet, die Koordinaten der Aufnahmeflächen, die aufgrund der Landeskarte 1:25000 und des Katasterplans 1:10000 bei zwangsläufig grösseren Abweichungen ermittelt wurden, zu korrigieren (s. Beilage 10). Gemäss Vegetationskarte liegen somit mehrere Aufnahmeflächen wegen ihrer verhältnismässig ungenauen Lokalisierung in der "falschen" Vegetationseinheit.

Zur Wiederauffindung der Aufnahmeflächen im Gelände zwecks Vervollständigung der Vegetationsaufnahmen wurden diese mit witterungsbeständigen Holzpföstchen markiert. Zusätzlich dazu wurde ihre Lage in eine Skizze möglichst genau aufgenommen.

Durch Koordinatenangabe, Skizze und Flächenmarkierung war es somit möglich von den über 150 Aufnahmeflächen, die für einen zweiten Besuch bestimmt wurden, alle ausser drei wieder aufzufinden. Von diesen wurden in

der Folge zwei nicht mehr weiter bearbeitet und ausgewertet.

3.1.2. *Homogenität der Aufnahmeflächen*

Eine möglichst grosse Standortshomogenität war die wichtigste an die Beschaffenheit der einzelnen Aufnahmeflächen gestellte Anforderung. Einzige Ausnahme bilden jene Standorte, in denen Inhomogenitäten nach einem charakteristischen gesetzmässigen Muster auftreten. Es handelt sich hier fast ausschliesslich um Weiden, die eine treppenartige Bodenstruktur aufweisen. Diese Weiden wurden wie alle übrigen Standorte (bzw. Pflanzengemeinschaften) als Ganzes aufgenommen, und nicht in die einzelnen homogenen Elemente (Tritt- und Stirnflächen) gegliedert.

Die kleinräumige Aenderung der Standortsbedingungen im Untersuchungsgebiet, die vor allem durch das unregelmässige Kleinrelief und die Beweidung bedingt ist, verunmöglichte die Ausscheidung durchwegs gleich homogener Aufnahmeflächen. Aus diesem Grund wurde der Homogenitätsgrad jeder Aufnahmefläche (als sehr gut, gut oder ausreichend) geschätzt und notiert. Jene Standortseigenschaften, die allenfalls nicht ganz homogen erschienen, wurden ebenfalls notiert (unregelmässiges Kleinrelief [Weidetreppen, Trittlöcher usw.], uneinheitliche Düngewirkung auf die Fläche, uneinheitliches Muttergestein). Die Angaben über den Homogenitätsgrad zielten darauf hin, einen allfälligen Einfluss der Homogenität der Aufnahmeflächen auf die Klassifikation der Vegetationsaufnahmen ermitteln zu können (s. Kap. 3.2.3).

Soweit es die Standortshomogenität zuliess, wurde immer eine kompakte, meist quadratische Form der Aufnahmeflächen angestrebt. Damit konnten diese einfach und genau mittels eines einzigen markierten Punktes (s. Kap. 3.1.1) wieder aufgefunden werden.

3.1.3. *Grösse der Aufnahmeflächen*

Die Standortshomogenität sowie die Art-Arealkurve (oder Minimumarealkurve) (BRAUN-BLANQUET 1964, S. 84; MüLLER-DOMBOIS und ELLENBERG 1974, S. 47) sind die wichtigsten Kriterien, die die Grösse der Aufnahmeflächen

bestimmen. Sollen diese Aufnahmeflächen als Ausgangsmaterial einer Vegetationskartierung dienen, so bestimmt auch deren Massstab ihre Grösse mit. Dies geht beispielsweise schon aus KUOCH (1970) wenn auch nur indirekt hervor. KUOCH entwickelte für seine Kartierung 1:750 einen Vegetationsschlüssel, der weitgehend auf nur 4 m^2 grossen Aufnahmeflächen basierte. So kleine Flächen bieten den Vorteil, selbst in Gebieten mit kleinräumigem Standortswechsel, verhältnismässig leicht angelegt werden zu können und dürften im Extremfall sogar die Voraussetzung dazu bilden, dass jene Pflanzengemeinschaften, die nur kleinflächig ausgebildet sind, überhaupt erfasst werden.

Die Grösse der in der vorliegenden Untersuchung aufgenommenen Flächen beträgt meist 9 - 10 m^2. Sie stellt einen Kompromiss zwischen dem Bestreben nach einer möglichst grossen Standortshomogenität der untersuchten Pflanzengemeinschaften einerseits und einer möglichst vollständigen Erfassung der sie bildenden Arten anderseits dar.

Die untersuchten Pflanzengemeinschaften dürften im allgemeinen auf 9 m^2 mindestens 9/10 aller Arten aufweisen, die bei einer Flächenausweitung auf 50 m^2 insgesamt auftreten. Ueber 50 m^2 grosse Flächen konnten mangels homogener Standortsbedingungen (zur Bestimmung der zweckmässigen Grösse der Aufnahmeflächen) nicht aufgenommen werden.

Ueber 9 m^2 grosse Aufnahmeflächen wurden an jenen Standorten ausgeschieden, die aufgrund einer verhältnismässig dünnen pflanzlichen Besiedlung eine verzögerte Verflachung der Art-Arealkurve erwarten liessen.

3.1.4. *Zeitpunkt der Vegetationsaufnahmen*

Das Datum, an dem die einzelnen Vegetationsaufnahmen gemacht wurden, ist in der Beilage 10 angegeben. Die meisten Aufnahmeflächen (Nr. 104-245, 250-254 und 273) wurden ein zweites Mal zu einem anderen Zeitpunkt der Vegetationsentwicklung begangen und kontrolliert. Die übrigen Aufnahmeflächen (Nr. 88-99, 246-249, 255-272, 274-299) wurden vorwiegend im Hochsommer 1978 und 1979 nur einmal aufgenommen. Die Vegetationsaufnahmen 803, 804, 813, 819, 821 und 824 stammen aus SCHWANK (1977) und wurden durch den Autor nach genauer Lokalisierung im Gelände (Pföstchen) 1978 überprüft.

Der zweimalige Besuch der meisten Flächen hat ergeben, dass der ideale Zeitpunkt einer Aufnahme erst im Hochsommer (im Untersuchungsgebiet Mitte bis Ende August) erreicht wird und dass Herbstaufnahmen im allgemeinen vollständiger als Frühsommer- und Frühlingsaufnahmen sind.

3.1.5. *Erhebung der Vegetationsdaten*

Die praktische Vegetationserhebung basierte auf einer vorgedruckten Pflanzenliste mit 330 Arten, die nach SCHIBLER (1937), GIGON (1971) und LANDOLT (mdl.) vor Arbeitsbeginn erarbeitet wurde. Diese Liste ermöglicht es, die vorkommenden Arten mit ihren Artmächtigkeiten bei der Aufnahme im Gelände direkt auf Computerformulare einzutragen. Es wurden folgende Artmächtigkeiten ausgeschieden: "(+)": Art in der unmittelbaren Nähe der Aufnahmefläche spärlich vorkommend (diese Zeichen wurde bei der Aufnahme und in der Vegetationstabelle durch das "-" ersetzt); "+": Art durch nicht mehr als 5 bis 10 Individuen pro Aufnahmefläche vertreten; "1": mehr als 5 bis 10 Individuen vorhanden mit Deckungsgrad bis 5%; "2": Deckungsgrad 5-25%; "3": Deckungsgrad 25-50%; "4": Deckungsgrad 50-75%; "5": Deckungsgrad 75-100%; "X": Artmächtigkeit nicht bestimmt (nur bei Moosen und Flechten). Die Soziabilität der Arten nach BRAUN-BLANQUET (1964) wurde nicht aufgenommen. Für allfällige neue Arten wurden in der Liste über 100 Stellen frei gelassen. Sie wurden im Laufe der Untersuchung mit zahlreichen Kryptogamen und auch vereinzelten Phanerogamen teilweise besetzt.

Dieses Aufnahmevorgehen, das die rasche und sichere Uebertragung der Daten auf IBM-Lochkarten erleichtert, wurde von SCHWANK (1977), DICKENMANN (1978) und EGGER (in Vorb.) angewendet. Eine ausführliche Beschreibung liegt in VETTERLI (1976, S. 30-33) vor.

Die N o m e n k l a t u r der festgestellten Phanerogamen richtet sich nach HESS et al. (1976-1980), die der Flechten nach OZENDA und CLAUSADE (1970), die der Moose nach SMITH (1978). Die in SMITH nicht aufgeführten Taxa wurden nach AUGIER (1966) genannt. Zur Moosbestimmung wurden folgende Arbeiten beigezogen: AUGIER (1966), BERTSCH (1966), DIXON (1924), GAMS (1973), HAHN (1894), LIMPRICHT (1890-1904), LORCH (1923), MüLLER (1906-1916) und SMITH (1978). Die Flechten wurden nach BERTSCH

(1964), OZENDA und CLAUSADE (1970), POELT (1969) und THOMSON (1967) bestimmt.

Trotz grossem Aufwand bei der Sammlung und Bestimmung der Kryptogamen ist deren Auflistung sehr lückenhaft. Aufgrund der vorerst vorgenommenen Auswertung der Aufnahmen 104-254 wurde auf die zeitraubende Bestimmung der gesammelten Moose und eines Teils der Flechten aus den übrigen Aufnahmeflächen weitgehend verzichtet.

3.1.6. *Erhebung der Standortsdaten*

In der Regel beruhen die aufgenommenen Standortsdaten auf Beobachtungen und nicht auf Messungen.

Neben den Standortsdaten, die aus dem Kopf der Vegetationstabelle (Beilage 2) ersichtlich sind, wurden für jede Aufnahmefläche Beobachtungen über die Wasserversorgung (einschliesslich Schneebedeckungsdauer), das Gestein, der Boden und die Beweidung (Frass- und Trittschäden, wichtigste Weidetiere) notiert. Es wurden zudem die Lage im Gelände beschrieben, und die allfälligen Faktoren, die von aussen auf die Fläche einwirken, wie z.B. die Ansammlung von Rutschschnee oder der Eintrag von Flugstaub notiert. Zuletzt wurden in 15 Aufnahmeflächen aus dem gesamten Vegetationsspektrum Bodenprofile gegraben und aufgenommen. Alle die daraus gewonnenen Standortsdaten dienten dazu, neben der floristischen, auch eine standörtliche Gliederung der aufgenommenen Pflanzengemeinschaften zu ermöglichen. Sie wurden zudem zur besseren Abgrenzung der Vegetationseinheiten beigezogen (s. Kap. 3.2.3).

Unter den Standortsdaten erhält die Schneebedeckungsdauer einen besonderen Stellenwert, da diese mit der Vegetation stark korreliert. Aus diesem Grund wurde im Jahre 1978 versucht, die Dauer der Schneebedeckung durch eine Serie von Luftaufnahmen des Abschmelzvorganges durch Militärflugzeuge möglichst genau zu erfassen. Die Auswertung dieser Luftaufnahmen lieferte jedoch keine brauchbaren Ergebnisse, weil die Flugdaten wegen des schlechten Wetters und aus Termingründen nicht der ausserordentlich verspäteten Schneeschmelze jenes Jahres angepasst werden konnten. Zur Standortscharakterisierung mussten aus diesem Grund die für jede

Aufnahmefläche geschätzten Aperzeiten herangezogen werden. Als Grundlage ihrer Ermittlung wurde der Einschneiezeitpunkt für Mitte Oktober bis Anfang November angenommen (die Klimamessstation am Weissfluhjoch wurde 1961-1980 durchschnittlich am 18. Oktober eingeschneit gemäss FöHN und BECK 1981b) und die Ausaperung aufgrund von Spätfrühlings- sowie Frühsommerbeobachtungen unter Berücksichtigung der Geländeform geschätzt. Das Fehlen von Winterbeobachtungen kann bei der Ermittlung der längeren Aperzeiten zu grösseren Abweichungen geführt haben.

3.2. *Datenauswertung*

Die Ziele der Auswertung waren:

- Detaillierte Gruppierung der aufgenommenen Pflanzengemeinschaften zu Einheiten mit charakteristischen Standorten und Artenkombinationen
- Ermittlung der wichtigsten Korrelationen zwischen Vegetation und Standort
- Beurteilung des pflanzensoziologischen Stellenwertes der eigenen Vegetationseinheiten (s. Kap. 3.4)

Zuerst wurde eine Ordination der Vegetationsaufnahmen aufgrund ihrer Aehnlichkeiten und erst anschliessend eine Klassifikation vorgenommen (s. Kap. 6.1). Mit dem ersten Schritt (der Ordination) wurde somit vor allem die Vegetationsstruktur untersucht und dargestellt, mit dem zweiten (der Klassifikation) die Grundlage für die Vegetationsbeschreibung sowie -kartierung und den Vergleich mit der Literatur hergestellt.

3.2.1. *Mathematische Auswertungsverfahren*

Zahlreiche ausführliche Arbeiten sind in neuester Zeit über mathematische Auswertungsverfahren grosser Datenmengen erschienen (VAN DER MAAREL 1980, VAN DER MAAREL et al. 1980). Darin sind sämtliche in der vorliegenden Arbeit angewandte Auswertungsverfahren zum Teil mehrfach beschrieben worden. Diese Verfahren werden hier deshalb nur noch summarisch behandelt.

Sie setzen alle eine Umwandlung der Artmächtigkeiten aus den ursprüng-

lichen Daten in numerische Werte voraus. Diese Transformationen und das Aehnlichkeitsmass, das zur Berechnung der Aufnahmen-bzw. Artenähnlichkeiten benützt wird, bedingen bei allen Ordinationsverfahren eine grosse Manipulation der Ausgangsdaten. Im voraus ist es normalerweise nicht möglich für eine Gruppe noch nicht ausgewerteter Aufnahmen zu wissen, wie die Artmächtigkeiten am zweckmässigsten gewichtet, und nach welchem Verfahren Aufnahmen und Arten geordnet werden sollen. Vielfach kann dies nur empirisch und nur mit grossem Aufwand ermittelt werden.

Aus diesem Grund wurden verschiedene Auswertungsverfahren angewendet, die die Grundlage zur tabellarischen Auswertung der Vegetationsaufnahmen von Hand lieferten.

Faktorenanalyse: Es wurde das in DIXON (1970) beschriebene BMD-08M Programm verwendet. Die Arten wurden entweder nach der Anwesenheit/Abwesenheit allein oder gemäss den einzelnen Artmächtigkeiten differenziert wie folgt gewichtet: Art abwesend (+) ≙ 0, + ≙ 3, 1 ≙ 5, 2 ≙ 6, 3 ≙ 7, 4 und 5 ≙ 8. Beide Gewichtungen, die zweite auf weniger extreme Weise als die erste, betonen den Schritt von der Abwesenheit zur Anwesenheit einer Art am stärksten. Es wurden jeweils nur die ersten drei Faktoren extrahiert (vgl. hierzu UEBERLA 1971 und WILDI 1977, S. 107).

Clusteranalyse (single linkage cluster analysis nach GOWER und ROSS 1969). Diese Analyse ist eigentlich kein Ordinationsverfahren, sie wurde hier aber als Hilfe zur tabellarischen Anordnung der Aufnahmen von Hand und nicht zu deren Klassifikation angewendet. Das benützte Computerprogramm, welches auf die euklidische Distanz als Aehnlichkeitsmass basiert (WILDI 1977, S. 31), wurde in SCHMID und KUHN (1970) vorgestellt. Die Gewichtung der Artmächtigkeiten erfolgte nach dem Vorschlag von SCHMID und KUHN. Sie unterscheidet sich nur unwesentlich von der in der Faktorenanalyse vorgenommenen differenzierten Gewichtung.

Korrespondenzanalyse (analyse des correspondances, CORDIER 1965, BENZECRI et al. 1980, reciprocal averaging, HILL 1973). Es wurde das Computerprogramm benützt, welches in LEBART et al. (1977) unter dem Namen ACOBI vorgestellt und beschrieben wurde. Es erlaubt die Behandlung von Vegetationsdaten bis zu einer Summe von 263 Arten und Aufnahmen zusammen. Bei der Gewichtung der Arten wurde wie bei der Faktorenanalyse verfahren. Dabei

wurde jedoch die einfachere Anwesenheits/Abwesenheits Gewichtung häufiger eingesetzt. Diese liefert nach ROUX und ROUX (1967) bessere Ergebnisse als eine den Artmächtigkeiten entsprechend differenzierte Gewichtung.

Aehnlich wie bei der Faktorenanalyse wurden auch bei der Korrespondenzanalyse die ersten drei Achsen extrahiert. Um auch die kleinen Unterschiede der ähnlichsten Vegetationsaufnahmen noch darzustellen, wurde der ursprüngliche Datensatz durch Entfernung der Aufnahmen mit den grössten Koordinatenwerten auf den einzelnen Achsen (d.h. vereinfacht gesagt, derjenigen Aufnahmen, die von den übrigen am deutlichsten getrennt werden) allmählich reduziert und anschliessend mit der Korrespondenzanalyse weiter untersucht.

Von allen obenerwähnten mathematischen Auswertungsverfahren war die Korrespondenzanalyse das am häufigsten angewendete. Sie vermag die verschiedenen Vegetationsgradienten und ihre Beziehungen untereinander zu veranschaulichen und wurde deshalb ebenfalls zur Darstellung der Resultate (Kap. 4.3.1) beigezogen.

Die zahlreichen Computerprogramme zur Bearbeitung grosser Tabellen, die in WILDI und ORLOCI (1980) vorgestellt wurden, standen leider erst bei fortgeschrittener Auswertung zur Verfügung. Deshalb wurde nur noch die dort beschriebene Hauptkomponentenanalyse (principal component analysis, PCA) zur Anordnung der Aufnahmen in der grössten Teiltabelle (s. nächstes Kapitel) beigezogen (Programm GRID).

Alle erwähnten Auswertungsverfahren wurden jeweils auf Teildatensätze mit 50-150 Aufnahmen und 90-150 Arten angewendet. Dies hängt damit zusammen, dass die Vegetationsaufnahmen schrittweise, d.h. jährlich nach der Erhebungsperiode, ausgewertet wurden. Teilweise hätten zudem die verwendeten Programme die Behandlung grösserer Datenmengen nicht zugelassen. Die verschiedenen Teilauswertungen wurden untereinander sowohl durch die Tabellenarbeit von Hand in Beziehung gebracht wie auch durch die Bildung bzw. mathematische Auswertung neuer Datensätze mit Teilen der schon behandelten.

3.2.2. *Tabellarische Auswertung*

Die mathematischen Auswertungsverfahren lieferten, wenn auch keine fertige Vegetationstabelle, so doch die entscheidenden Anhaltspunkte für die weitere Tabellenarbeit. Als erstes wurde eine nach jedem Erhebungsjahr schrittweise auf über 200 Aufnahmen und Arten gewachsene Gesamttabelle geordnet. Dies erwies sich zuletzt als recht kompliziert und aufwendig, da keine sinnvolle lineare Anordnung der Aufnahmen möglich war. Deshalb waren auch bald keine entscheidenden Verbesserungen mehr zu erzielen. Aus diesem Grund wurde die ursprüngliche Gesamttabelle in drei Tabellen mit möglichst einfachen linearen Vegetationsgradienten aufgeteilt. Dabei wurden jeweils mehrere "Schlüsselaufnahmen", d.h. Aufnahmen die zu zwei Vegetationsgradienten zugewiesen werden können, in beiden entsprechenden Teiltabellen aufgenommen. Auf diese Weise wird die Uebersicht erleichtert, die sonst bei der Bildung vollständig getrennter, sich nicht überlappender Teiltabellen stark erschwert ist (z.B. DUELLI 1977).

Bei der Anordnung der Aufnahmen von Hand wurden vor allem die Anwesenheit bzw. Abwesenheit der einzelnen Arten, weniger ihre Deckungsindices berücksichtigt (vgl. ELLENBERG 1956, S. 56). Der Stellenwert der in der Literatur hervorgehobenen Charakterarten, sowie die Zeigerwerte aller Arten, wurden erst bei abgeschlossener Tabellenarbeit berücksichtigt.

3.2.3. *Klassifikation*

Als Grundlage zur Klassifikation dienten die Anordnung der Vegetationsaufnahmen in den Teiltabellen sowie die zu jeder Aufnahmefläche notierten ökologischen Feldbeobachtungen. Im Hinblick auf eine detaillierte Vegetationskartierung wurden möglichst enge Einheiten gefasst, die sich aber nicht nur floristisch sondern auch bezüglich der ökologischen Feldbeobachtungen von den benachbarten Einheiten trennen lassen (vgl. KLöTZLI 1972, S. 37). Die endgültige Klassifikation wurde erst nach einer Testkartierung auf der Grundlage einer provisorischen Klassifikation vorgenommen.

Aufgrund der floristischen Daten allein wäre eine feinere Vegetationsgliederung als die vorgenommene möglich gewesen.

Die Abgrenzung der Vegetationseinheiten stellt einen stark subjektiv geprägten Arbeitsschritt dar, da, bedingt durch die Wahl der Aufnahmeflächen, benachbarte Vegetationseinheiten meist lückenlos ineinander übergehen.

Die nach der Klassifikation vorgenommene Auswertung der Angaben über den Homogenitätsgrad der Aufnahmeflächen (s. Kap. 3.1.2) hat ergeben, dass die unterschiedlich eingestufte Homogenität keine ersichtliche Auswirkung auf die Klassifikation ausübt.

3.2.4. *Oekologische Zeigerwerte*

Die mittleren ökologischen Zeigerwerte sämtlicher Vegetationsaufnahmen wurden nach dem in LANDOLT (1977, S. 28) vorgeschlagenen Verfahren berechnet. Die Artmächtigkeiten wurden wie folgt gewichtet: Art abwesend ≙ 0, (+) ≙ 0.5, + ≙ 1, 1 ≙ 2, 2 ≙ 3, 3 ≙ 4, 5 ≙ 6. Moose und Flechten wurden nicht berücksichtigt. Anschliessend wurden die Aufnahmen aufgrund ihrer mittleren Zeigerwerte mit der Korrespondenzanalyse geordnet (vgl. PERSSON 1981 und Abb. 9, S. 58/59). Die Beziehung der beiden Ordinationsverfahren der Vegetationsaufnahmen (mit den Artbeständen bzw. mit den Zeigerwerten) wird in Kap. 4.3.2 kurz besprochen.

3.3. *Vegetationskartierung*

3.3.1. *Ausarbeitung der Kartierungsschlüssel*

Zwei Kartierungsschlüsselvarianten wurden ausgearbeitet und im September 1978 mit einer Versuchskartierung im Gelände miteinander eingehend verglichen. Die erste Variante bestand aus einem alleinigen Kartierungsschlüssel (gemäss Tabelle der Gesamtvegetation), die zweite aus drei, sich in ihren Grenzbereichen überlappenden (Teil-)Kartierungsschlüsseln (je einer pro Teiltabelle bzw. Vegetationsgradienten) und einem ihnen übergeordneten Hauptschlüssel.

Bei der Versuchskartierung erwies sich die zweite Variante als die deut-

lich überlegene. Mit den (Teil-)Kartierungsschlüsseln konnte nähmlich im Vergleich zum Gesamtkartierungsschlüssel die Zahl der Artengruppen, die bei der Vegetationsansprache zu berücksichtigen sind, wesentlich reduziert werden. Ebenfalls konnten damit grössere und auch homogenere Artengruppen gebildet werden. Diese beiden Vorteile sind auf die Beschränkung des Gültigkeitsbereichs der (Teil-)Kartierungsschlüssel auf einen einzigen Vegetationsgradienten zurückzuführen (vgl. Kap. 3.2.2 und Abb. 2-4).
Sie führen zusammen mit dem problemlos zu handhabenden Hauptschlüssel zu einer rascheren und sichereren Vegetationsansprache, als der Gesamtkartierungsschlüssel. Dazu kommt, dass Gebiete, die mit demselben (Teil-) Kartierungsschlüssel kartierbar sind, im allgemeinen zusammenhängen.

Die verwendeten Stetigkeitsklassen bedeuten: I = Art in 1-20% der Aufnahmen vorkommend, II = 21-40%, III = 41-60%, IV = 61-80%, V = 81-100%. Bei Vegetationseinheiten mit mehr als 10 Aufnahmen wurde die Stetigkeit der nur einmal vorkommenden Arten mit "r" statt mit "I" notiert. Bei Einheiten mit weniger als fünf Aufnahmen ist die absolute Stetigkeit (d.h. die Anzahl Aufnahmen in denen die Art vorkommt) angegeben.

3.3.2. *Karten und Luftbildgrundlagen*

Für die Kartierung standen der Katasterplan 1:10000 der Landschaft Davos, eine Reihe raumdeckender Luftbilder aus dem Jahr 1978, ein schwarzweisses Orthobild, sowie die Landeskarte der Schweiz 1:25000, Blatt 1197 Davos, zur Verfügung.

Der K a t a s t e r p l a n 1:10000 der Landschaft Davos bildet die detaillierteste topographische Karte des Untersuchungsgebiets. Er wurde aufgrund einer eigenen photogrammetrischen Auswertung von Luftbildern aus den Jahren 1941-1944 hergestellt. Die Aequidistanz der Höhenkurven beträgt 10 m. Trotz des verhältnismässig hohen Detaillierungsgrades bleibt es schwierig, sich ohne weitere Hilfsmittel nur anhand des Katasterplans im Gelände auf 20-50 m genau zu orientieren. Dies ist sowohl durch das Gelände selbst, das an vielen Stellen keine markanten Orientierungspunkte bietet, wie auch durch die Karte bedingt. Zahlreiche kleine Geländemerkmale, wie z.B. Schuttzungen, Rinnen und Felsen sowie kleine Fusswege, liegen an der Grenze des Darstellbaren und sind deshalb nicht alle ein-

zeln im Plan eingezeichnet. Zudem sind Wege und Höhenkurven nur stilisiert wiedergegeben.

Die L u f t b i l d e r wurden von der eidgenössischen Vermessungsdirektion mit einer Reihenkammer hergestellt. Sie liegen sowohl als farbige wie auch als infrarote 23x23 cm Originaldiapositive vor. Die Aufnahmen wurden Ende August 1978 aus einer Höhe von 4100 m ü.M. unter Verwendung eines 1500 mm-Objektivs gemacht. Sie weisen, vor allem als Folge der uneinheitlichen Geländeerhebungen, grosse Verzerrungen sowie einen uneinheitlichen Massstab auf. Dieser liegt innerhalb des Untersuchungsgebiets weitgehend zwischen 1:10000 und 1:12000. Die maximale Auflösung der Luftbilder für rundliche Objekte bei starkem Farbkontrast liegt knapp unter 20 cm. Die Luftbilder eignen sich hervorragend für eine photogrammetrische Auswertung und die Herstellung von Orthophotos (s. unten), da sie eine günstige Längsüberlappung von rund 75% aufweisen.

Das einzelne Luftbild bietet, dank der genauen Wiedergabe sehr zahlreicher, im 1:10000 Plan vielfach nicht kartierter Geländemerkmale (insbesondere Schuttflächen, Schuttzungen, Felswände, Rinnen, Wege und Trampelpfade) eine präzise Orientierungshilfe im Gelände. Ohne Luftbilder wäre die hier beschriebene Kartierung entweder gar nicht möglich gewesen oder hätte sehr viel mehr Zeit für Markierungen und Vermessungen erfordert. Ein einzelnes Luftbild erlaubt es aber nicht, Aenderungen in der Neigung und oft auch in der Exposition zu erkennen. Dafür ist die Betrachtung eines Luftbildpaares am Stereogerät nötig.

O r t h o b i l d e r sind vollständig entzerrte Luftbilder. Sie weisen demnach einen gleichmässigen Massstab auf und sind durch die lagerichtige Wiedergabe des abgebildeten Geländes gekennzeichnet. Diese Eigenschaften ermöglichen es, Orthobilder wie topographische Karten zu benützen, was vor allem im gebirgigen Gelände sehr grosse Vorteile bietet. Aus diesem Grund wurde ein Orthobild 1:5000 des kartierten Gebiets mit dem WILD-Avioplan OR1-Gerät der Firma Swissair Foto + Vermessung AG, Zürich, hergestellt. Grundlage dafür war ein Paar der soeben erwähnten Luftbilder von 1978. Aus Kostengründen und wegen der Schwierigkeit, das entsprechende Farbfilmmaterial zu beziehen, wurde das Orthobild schwarzweiss hergestellt.

Bis heute wurden erstaunlich wenige Vegetationskartierungen mit Hilfe

von Orthobildern vorgenommen (s. z.B. PEDROTTI und FRANCALANCIA 1977). Der Grund dafür dürfte in den verhältnismässig hohen Herstellungskosten der Orthobilder liegen. Trotzdem können, wie RüSCH (1980) am Beispiel der schweizerischen forstlichen Bestandeskartierung erläutert, Orthobilder bereits heute wirtschaftlich eingesetzt werden.

3.3.3. *Kartierungsvorgehen*

Der Grossteil aller Grenzen zwischen den verschiedenen Vegetationseinheiten wurden aus nächster Nähe im Gelände unter Berücksichtigung der einzelnen Pflanzenarten bestimmt. Probleme die dabei auftauchten, einschliesslich jener die teilweise methodischen Charakter aufweisen, werden gesamthaft in Kap. 5.1 besprochen. Diese Grenzen wurden anschliessend auf eine farbige Papierkopie der Originalluftbilder eingetragen (Massstab 1:4000). Eine Vegetationskartierung direkt auf das Orthobild war nicht möglich, da dieses nicht rechtzeitig zur Verfügung stand.

Vegetationseinheiten wurden flächenhaft auskartiert, Untereinheiten sowie abweichende Ausbildungen vielgestaltiger Einheiten mit Signaturen angegeben. Bezüglich Kartierung von Vegetationskomplexen vgl. Kap. 5.2.

Nach dem Abschluss der Kartierungsarbeit im Gelände wurden die Vegetationsgrenzen bei geringfügigen Generalisierungen von Hand ins vergrösserte Orthobild (Endmassstab 1:2500, s. Abb. 11, S. 67) übertragen. Die Vergrösserung des Massstabs von 1:4000 (Kartierung im Gelände) auf 1:2500 wurde vorgenommen, um die kleinsten auskartierten Vegetationseinheiten von knapp 20 m^2 noch gut darstellen zu können und allgemein, um die Lesbarkeit der Karte zu verbessern. Durch die hohe räumliche Auflösung der Vegetationseinheiten dieser Karte kann die Feinheit der Vegetationsgliederung optimal ausgenützt werden.

3.4. *Vergleich mit Vegetationseinheiten aus der Literatur*

Die Beziehung der untersuchten Vegetation zu den bisher in BRAUN-BLANQUET (1969, 1975) und OBERDORFER (1977, 1978) beschriebenen und mit Vegetationsaufnahmen belegten Assoziationen wurde bei Berücksichtigung aller Arten aufgrund eines tabellarischen Vergleichs untersucht (s. Beilagen 2-4). Dabei wurde die Reihenfolge der Arten aus der Tabelle der Gesamtvegetation (Beilage 2) und diejenige der Aufnahmen aus den entsprechenden Literaturtabellen übernommen. Arten, die in der Tabelle der Gesamtvegetation nicht berücksichtigt wurden, bei OBERDORFER (1977, 1978) jedoch in mindestens 20% der Aufnahmen einer Assoziation vorkommen oder bei BRAUN-BLANQUET (1969, 1975) hochstet oder differenzierend sind, wurden separat aufgeführt (s. Beilagen 3 und 4 unter "weitere Arten").

Auf den arbeitsaufwendigen tabellarischen Vergleich wurde bei jenen Assoziationen verzichtet, die in den Werken von BRAUN-BLANQUET und OBERDORFER mit weniger als fünf Aufnahmen belegt sind. Dies betrifft das *Luzuletum spadiceae* (BRAUN-BLANQUET und JENNY 1926, mit nur drei Aufnahmen) und das *Trifolio-Festucetum violaceae* Br.-Bl. 1926 (OBERDORFER 1957, ebenfalls mit drei Aufnahmen).

Beim Vorliegen mehrerer Tabellen derselben Assoziation (namentlich des *Caricetum curvulae*) wurde auf die jüngste zurückgegriffen.

Bei der Vegetation der Sümpfe und Moos-Schneetälchen (Einheiten 1 bzw. 2) erübrigte sich der tabellarische Vergleich wegen der ausgesprochenen Artenarmut sowie der klaren pflanzensoziologischen Verhältnisse von selbst. Auch ohne diesen Vergleich war eine Zuteilung zu Assoziationen aus der Literatur bei Berücksichtigung aller Arten möglich (s. Kap. 4.1.1).

Die Uebertragung der Vegetationsdaten aus der Literatur auf Lochkarten wurde nicht auf Fehlerfreiheit überprüft, weil der zu erwartende Ertrag im Vergleich zum Aufwand zu gering erschien. Aus diesem Grund sind vereinzelte Uebertragungsfehler nicht ausgeschlossen. Die Nomenklatur der Phanerogamen wurde, soweit eine Uebereinstimmung der Taxa vorlag oder eine eindeutige Zuweisung zu einer in der vorliegenden Arbeit bestimmten Art möglich war, an die selber verwendete Nomenklatur angeglichen (s. Kap.

3.1.5). Die Nomenklatur der Kryptogamen wurde unverändert übernommen. Dies bedeutet, dass vereinzelte Moose und Flechten in den eigenen Daten und in den Literaturdaten unter verschiedenen Bezeichnungen erscheinen.

4. Vegetations- und standortskundliche Ergebnisse

Es wurden insgesamt 13 Vegetationseinheiten ausgeschieden und mit 172 eigenen Vegetationsaufnahmen belegt. Weitere 33 Vegetationsaufnahmen wurden entweder als Uebergang zwischen zwei oder drei Einheiten aufgefasst oder als innerhalb der ausgeschiedenen Einheiten nicht vertretene Einzelbestände gewertet. Diese konnten trotz deutlicher Differenzierung wegen der zu geringen Anzahl Belegaufnahmen nicht zu eigenen Vegetationseinheiten aufgewertet werden. Ihre verhältnismässig hohe Anzahl ist durch die Methode der Flächenwahl bedingt (s. Kap. 3.1.1).

Die 13 Vegetationseinheiten sind rein lokal gültig und liegen im Bereich des *Caricion curvulae* Br.-Bl. 1925, des *Salicion herbaceae* Br.-Bl. 1926, des *Festuco violaceae - Trifolietum thalii* Br.-Bl. 1926, des *Elynetum* Br.-Bl. 1913 und des *Eriophoretum scheuchzeri* Rüb. 1912. Unscharfe Uebergänge zwischen den unterschiedenen Einheiten bilden die Regel, scharfe Grenzen die ausgesprochene Ausnahme. Aus diesem Grund ist eine Zuteilung der unterschiedenen Einheiten zu den voneinander meist scharf getrennten Assoziationen aus der Literatur oft schwierig.

Auf eine lateinische Namensgebung der eigenen Einheiten sowie auf den Vorschlag einer Neufassung der alpinen Pflanzengesellschaften wurde in Anbetracht der geringen Ausdehnung des Untersuchungsgebiets verzichtet (s. Kap. 2). Dadurch soll vermieden werden, lokal gültige Assoziationen zu verallgemeinern (s. dazu ELLENBERG 1978, S. 109). Eine weitergehende Aufgliederung der Pflanzengesellschaften der alpinen Stufe könnte aber, vor allem angesichts der grossen Lücke zwischen dem *Caricetum curvulae* und dem *Salicetum herbaceae* (nach BRAUN-BLANQUET 1969, 1975 bzw. OBERDORFER 1977, 1978), durchaus sinnvoll sein. Dazu sind aber noch weitere Belegaufnahmen aus einem grösseren Gebiet erforderlich.