

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

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 90 (1986)

Artikel: Analyse vegetationskundlicher Daten : Theorie und Einsatz statistischer Methoden = Analysis of vegetation data : theory and application of numerical methods

Autor: Wildi, Otto

Kapitel: 2: Versuchsplanung und Stichprobenverfahren

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308832>

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: 01.02.2026

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

2. Versuchsplanung und Stichprobenverfahren

Multivariate Verfahren bieten die Möglichkeit, aus komplexem Datenmaterial reproduzierbare Ergebnisse abzuleiten. Die Reproduzierbarkeit gilt insofern, als man von einem gegebenen Datensatz ausgehend durch Anwendung genau festgelegter Regeln immer wieder die gleichen Resultate erhält. Dieser Vorzug formaler Verfahren erfüllt aber seinen Zweck nur dann, wenn auch die Methode zur Gewinnung der Daten Reproduzierbarkeit gewährleistet. Die Schule Braun-Blanquet stellt z.B. keinen solchen Anspruch an die Datenerfassung. Sie appelliert vielmehr an die Beobachtungsgabe und Intuition des Forschers und verbindet diese mit zusätzlich einzuhaltenden Regeln (MUELLER-DOMBOIS und ELLENBERG 1974, S. 32f.). Nun wird aber Pflanzenökologie heute immer mehr zur Erforschung und Lösung von Umweltproblemen eingesetzt. Sie ist dabei gezwungen, von der Arbeitsweise des Bearbeiters unabhängige, nachprüfbare Resultate zu liefern. Die Versuchsplanung wird deshalb zum integrierenden Bestandteil der Methodik. Sie kann nicht unabhängig von den später anzuwendenden Analysemethoden betrachtet werden.

Bereits einleitend wurde festgestellt, dass die meisten der hier vorgestellten Analysemethoden rein geometrisch verstanden werden können. Die Versuchsplanung muss jedoch selbst dann statistischen Grundsätzen folgen, wenn auf Methoden der schliessenden Statistik verzichtet wird. Das Zufallsprinzip ermöglicht erst, bei Felderhebungen Nachvollziehbarkeit zu erreichen. GREEN (1979) hat diesen und weitere Grundsätze, die bei der biologischen Feldforschung zu berücksichtigen sind, in Form von zehn Regeln zusammengefasst (Tab. 2.1). Im Folgenden ist zu diskutieren, wie diese bei pflanzensoziologischen Untersuchungen zu interpretieren sind. Schliesslich sollen einige Stichprobenverfahren dargestellt werden, die sich zur vegetationskundlichen Datenerhebung eignen.

2.1 Problemstellungen

Nach GREEN (1979) soll die Problemstellung so klar und anschaulich dargestellt werden, dass sie einer Drittperson

jederzeit mit wenigen Worten erklärt werden kann. Einfachheit in der Formulierung kommt auch der späteren Analyse zugute. Komplizierte Fragestellungen erfordern zu ihrer Bearbeitung auch komplizierte Methoden. Eine Aufteilung des Gesamtzieles (und später der Gesamtanalyse) in Teilziele (Teilanalysen) drängt sich in solchen Fällen auf. Um aber den Regeln von Green (Tab. 2.1) folgen zu können, sollte man sich über die Natur der Zielsetzung der Untersuchung Klarheit verschaffen. Die nachfolgenden Kapitel behandeln deshalb einige typische vegetationskundliche Fragestellungen.

2.1.1 Untersuchung der Stichprobenstruktur

Die Analyse der Stichprobenstruktur ist das klassische Forschungsfeld der Pflanzensoziologie (WESTHOFF und VAN DER MAAREL 1978). Ziel solcher Untersuchungen ist das Auffinden von Gruppen- und Gradientenstrukturen in Stichproben (POORE 1955, ORLOCI 1978) oder in Verbreitungsmustern einzelner Arten (PIELOU 1977, 1984, GREIG-SMITH 1982). Diese Problemstellung ist nicht zu verwechseln mit der Zuordnung neuer Vegetationsaufnahmen zu bereits beschriebenen Pflanzengesellschaften, bei welcher eine Erhebung nach dem Zufallsprinzip nicht notwendig ist. Wie die Suche nach Pflanzengesellschaften, so ist auch die Abgrenzung von Standortstypen als Analyse einer Stichprobenstruktur zu betrachten. Die Resultate können zur flächenhaften Darstellung vorgefundener Zusammenhänge in Form von Vegetationskarten verwendet werden. Im Folgenden soll besprochen werden, wie die Aufnahmemethode einer solchen Zielsetzung anzupassen ist.

Zwei besonders wichtige Aspekte eines pflanzensoziologischen Versuchsplanes sind die Bearbeitungsintensität und die Grösse der Stichprobenfläche (Aufnahmefläche). GREEN (1979) fordert als Regel 3 (Tab. 2.1) die Gleichberechtigung der zu untersuchenden Flächen, Typen oder Inhalte. Abb. 2.1 zeigt, wie dieses Prinzip realisiert werden kann. Ist die grobe Gliederung des Untersuchungsgebietes bekannt und sollen Teilflächen ihrer Grösse entsprechend gewichtet werden, so

Tabelle 2.1

Zehn Regeln für die Versuchsplanung (nach GREEN 1979).

1. Formuliere die Fragestellung mündlich und schriftlich.
2. Einzelmessungen sind nutzlos, Wiederholungen lassen sich dagegen einwandfrei interpretieren.
3. Pro Standort und Vegetation sollte wenn möglich eine gleich grosse Anzahl von Stichproben erhoben werden.
4. Man führe stets Messungen in Kontroll- oder Vergleichsflächen durch.
5. Man führe stets eine Voruntersuchung durch.
6. Die Erhebungsmerkmale sind möglichst gut der Fragestellung anzupassen. Die gesamte Untersuchung ist mit gleich bleibender Intensität und Genauigkeit durchzuführen.
7. Grosse und inhomogene Untersuchungsflächen sind zu stratifizieren. Die Zahl der Stichproben pro Teilfläche bestimmt deren Gewicht.
8. Die Grösse der Aufnahmefläche ist der Grösse, Dichte und räumlichen Verteilung der zu untersuchenden Organismen anzupassen. Die Anzahl der Aufnahmen, nicht deren Grösse entscheidet über die Genauigkeit der Untersuchung.
9. Es ist zu prüfen, ob die Wiederholungen normal verteilt sind. Andernfalls sind die Messresultate zu transformieren oder es sind verteilungsunabhängige Analysemethoden zu verwenden.
10. Man vertraue einem sauber erarbeiteten Resultat, auch wenn es unerwartet oder unerwünscht ist.

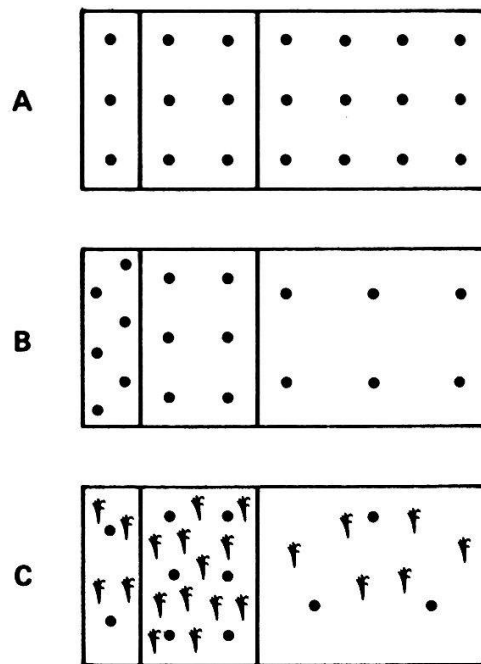


Abb. 2.1 Stichprobenpläne für Strukturuntersuchungen. Gleichberechtigung der Flächeneinheiten (A), der Typen (B), der Bedeutung (z.B. entsprechend der Anzahl vorhandener Individuen)(C). Die Stichproben, markiert durch Punkte, sind systematisch angeordnet.

kann Fall A zur Anwendung kommen (die Stichproben brauchen dazu nicht als systematisches Netz angeordnet zu sein wie in Abb. 2.1). Darin besitzt jede Flächeneinheit (z.B. jede Hektare) gleiches Gewicht. Sollen jedoch die Vegetationstypen gleichberechtigt miteinander verglichen werden, so ist Fall B anzustreben. Natürlich kann ein solcher Versuchsplan selten in einem einzigen Arbeitsgang realisiert werden. Sind weder Lage noch Ausdehnung der Vegetationstypen bekannt, so müssen diese in einem ersten Durchgang gesucht bzw. definiert werden. Dieser Vorgang wird Stratifizierung oder Schichtung genannt (vgl. Abschnitt 2.2.2). Ähnlich verhält es sich mit dem Fall C. Hier sollen Stichproben entsprechend ihrer Bedeutung (z.B. Produktivität) mit gleichem Gewicht untersucht werden. Zu diesem Zwecke müssen sie vorgängig gefunden, abgegrenzt und gemessen werden.

Dem Untersuchungsziel anzupassen ist auch das Ausmass der Aufnahmefläche. Nach Green (Tab. 2.1, Pt.8) ist dazu die Grösse, die Dichte und die Verbreitung der zu untersuchenden Organismen zu berücksichtigen. Solche Ueberlegungen haben in der Vegetationskunde zu Empfehlungen für die zu wählenden Aufnahmeflächen in den wichtigsten Vegetationsformationen geführt. Tab. 2.2 gibt eine solche Zusammenstellung wieder. Die Anwendung dieser allgemein akzeptierten Empfehlungen ist jedoch nicht immer zweckmässig. Wird eine Vegetationskarte hergestellt, so sollte die Aufnahmefläche vielmehr dem später gewünschten Detaillierungsgrad angepasst werden. Die kleinste in der Karte eben noch abgegrenzte Teilfläche sollte dann etwa der Aufnahmefläche entsprechen. Wird also eine Karte im Massstab 1:100'000 hergestellt, so sind die Angaben in Tab. 2.2 wohl meist zu klein. Obwohl das Problem der optimalen Aufnahmefläche Gegenstand vieler Veröffentlichungen ist, muss es nach wie vor als ungelöst betrachtet werden (vgl. PODANI 1984).

2.1.2 Zusammenhang von Pflanzengesellschaft und Standort

Bei pflanzenökologischer Grundlagenforschung begnügt man sich nicht mit der Erfassung der Vegetationsdecke in Form einer Karte. Das Ziel besteht vielmehr in der Erforschung

Tabelle 2.2

Grösse der Aufnahme­flächen für verschiedene Vegetationstypen
(nach MUELLER-DOMBOIS und ELLENBERG 1974, S.48).

Wälder	200-500m ²
Trockenrasen	50-100m ²
Heiden	10-25m ²
Heuwiesen	10-25m ²
Weiden	5-10m ²
Unkrautgesellschaften	25-100m ²
Moosgesellschaften	1-4m ²
Flechtengesellschaften	0.1-1m ²

Tabelle 2.3

Typen von Umweltstudien mit zeitlichen Veränderungen (nach GREEN 1979, s.72).

Hat die Standortsveränderung bereits stattgefunden?	NEIN		JA		
	
Weiss man wann und wo?	JA	NEIN	JA	NEIN	
	
Gibt es unbeeinflusste Referenzflächen?	JA	NEIN	.	.	
	
Typ	1	2	3	4	5

- 1- Optimale Ursache-Wirkung Studie ist durchführbar
- 2- Die Wirkung muss aus der zeitlichen Veränderung abgeschätzt werden
- 3- Ein Ueberwachungsprojekt hilft weiter
- 4- Die Wirkung muss aus räumlich auftretenden Unterschieden abgeschätzt werden
- 5- Guter Rat ist teuer

Ökologischer Ansprüche verschiedener Arten oder Pflanzengesellschaften, ihrer Empfindlichkeit gegenüber Umwelteinflüssen, ihrer Reaktion auf Nutzungen usw. Dies kann auf verschiedene Weise geschehen. Eine Möglichkeit besteht in der Anwendung der Zeigerwerte nach ELLENBERG (1979) oder nach LANDOLT (1977). Es ist offensichtlich, dass dabei autökologisch gesehen nur wenig neue Erkenntnisse zu erwarten sind. Ergiebiger ist es, wenn parallel zur Vegetation auch der Standort analysiert wird.

Am Anfang einer Untersuchung des Zusammenhanges von Vegetation und Standort kann eine Gruppierungsuntersuchung stehen (Kap. 5). In den so gefundenen Vegetationseinheiten können anschliessend gezielt Standortsmessungen durchgeführt werden. Gemäss Regel 2 von Green (Tab. 2.1) ist darauf zu achten, dass jeder Typ durch mehrere Messungen erfasst wird. Aus der Sicht der Analytik ist dieses Vorgehen zweckmässig, können doch die sich ergebenden Datensätze varianzanalytisch bearbeitet werden. Die Erfahrung zeigt aber, dass diskrete, sauber trennbare Typen in Vegetationsuntersuchungen sehr selten sind. Es muss also meist nach andern Ansätzen gesucht werden.

Ausgangspunkt der Untersuchungen kann auch der Standort sein. Greift man auf eine schon bestehende klimatische oder geologische Karte zurück, so können deren Einheiten vegetationskundlich untersucht werden. Auch dieses Vorgehen birgt den Nachteil, dass diskrete Standortstypen selten sind. Als unproblematisch und rationell erweisen sich beide Konzepte dann, wenn Vegetation und Standort gleichberechtigt erfasst werden (WILDI 1977). Deren Zusammenhang kann anschliessend durch eine multivariate Analyse untersucht werden. Wesentlich ist nur, dass die Zuordnung der Vegetationsdaten zu den Standortdaten örtlich und zeitlich stimmt. Dies ist nach unserer Auffassung nur dann gegeben, wenn zu jeder Vegetationsaufnahme gleichzeitig eine Standortsanalyse vorliegt.

Ein bekanntes Versuchskonzept ist die direkte Gradientenanalyse (WHITTAKER 1967). Dabei werden entlang einer

Geländelinie (Transsekte) kontinuierlich ändernder Standortsfaktoren Stichproben erhoben. Die direkte Gradientenanalyse mit Hilfe von Transsekten hat jedoch den schwerwiegenden Nachteil, dass die Ergebnisse durch räumliche Autokorrelation beeinträchtigt werden. Man versteht darunter die Erscheinung, dass sich benachbarte Stichprobenpunkte mehr gleichen, als auf Grund noch so detaillierter Standortsmessungen zu erwarten wäre. Lokale Besonderheiten verursachen dieses Phänomen. Meist beruhen sie auf zeitlich weit zurückliegenden, nicht mehr erkennbaren Ereignissen wie etwa Ueberflutungen oder Nutzungseingriffen. Weitere historische Zusammenhänge, die sich dem Forscher meist entziehen, sind die Einwanderung von Arten oder deren lokale, z.B. vegetative Ausbreitung. Der Schluss drängt sich auf, dass die Gradientenanalyse in ihrer bekannten Form nur Ergebnisse beschränkter Generalisierbarkeit liefern kann.

2.1.3 Zeitstudien

Bei Umweltstudien geht es öfters darum, einen durch Standortveränderungen verursachten Wandel der Vegetation in Funktion der Zeit darzustellen. Gemäss Regel 4 in Tab. 2.1 ist dabei auch eine Referenzfläche vorzusehen, welche dem Wandel der Umwelt nicht unterworfen ist. Die Zeit ist jedoch nicht zu stoppen und sie bewirkt immer grössere oder kleinere Veränderungen, die nur schwer kontrollierbar sind. Je nach Problemlage ergeben sich daraus Schwierigkeiten unterschiedlicher Tragweite. GREEN (1979) unterscheidet fünf Fälle zunehmenden Schwierigkeitsgrades, die sich aus drei Randbedingungen ableiten lassen und die in der Pflanzenökologie allesamt aktuell sind (Tab. 2.3). Optimale Voraussetzungen (optimale Ursache-Wirkungstudie, Typ 1) ergeben sich, (i) wenn eine Standortveränderung erst noch erwartet wird, (ii) wenn man weiss, wann und wo sie stattfinden wird sowie (iii) wenn es Referenzflächen gibt, die von der Veränderung sicher nicht betroffen sein werden. Die dritte dieser Bedingungen ist in Zeitstudien nicht wirklich zu erfüllen. Beim Typ 2 (Tab. 2.3) fehlen Referenzflächen, sodass die rein zeitlich verursachte

Veränderung von der standörtlich bedingten nicht sicher unterschieden werden kann. In Zeitstudien ist dies der günstigste Fall. Beim Typ 3 muss ein Ueberwachungsprojekt angelegt werden. Mit entsprechendem Aufwand an Stichproben muss hier erst noch herausgefunden werden, wann und wo die Veränderungen auftreten. Problemen vom Typ 4 ist allenfalls mit einer Analyse der Struktur der Pflanzengesellschaften beizukommen. Der Typ 5 entzieht sich naturwissenschaftlicher Ergründung weitgehend. Leider ist er in der Praxis gar nicht so selten vorzufinden.

2.2 Stichprobenverfahren

In diesem Kapitel werden einige statistische Stichprobenverfahren vorgestellt. Die klassische Schule Braun-Blanquet bedient sich solcher nicht. Wir sind uns im klaren, dass die Ansichten über deren Zweckmässigkeit auseinandergehen. So halten MUELLER-DOMBOIS und ELLENBERG (1974) Seite 36 fest: "Die Beispiele zeigen, dass Unterteilungen mit Hilfe objektiver Methoden nur mit einem sehr dichten Stichprobennetz entdeckt werden können, was für die meisten Anwendungen nicht praktikabel ist" (Uebersetzung). Im völligen Gegensatz dazu meinen DAGET und GODRON (1982), Seite 13: "Wenn die Stichprobenverteilung nicht probabilistisch ist, genügt es festzustellen und zur Kenntnis zu nehmen, dass alle weiteren Tests nichts beweisen können, was die untersuchte Gesamtpopulation betrifft" (Uebersetzung). Der von MUELLER-DOMBOIS und ELLENBERG (1974) erwähnte Schwachpunkt zufälliger Stichprobenverfahren ist für das dort zitierte Beispiel sicher begründet. Er lässt sich jedoch durch ein geeigneteres Stichprobenkonzept weitgehend vermeiden. Generell sind Aussagen älteren Datums über die Zweckmässigkeit probabilistischer Erhebungen im Lichte neuerer Erkenntnisse zu überprüfen. Nur nach dem Zufallsprinzip erhobene Stichproben ermöglichen es, die Fehlerhaftigkeit von Rückschlüssen auf die Grundgesamtheit zu quantifizieren (ZÖHRER 1980). Der ursprünglich als schwerwiegend erachtete Mehraufwand ist deshalb meist gerechtfertigt.

In jüngerer Zeit hat sich die Geographie vermehrt dem Entwurf räumlicher Stichprobenverfahren angenommen (z.B. OSTHEIDER 1978). Dabei wird vor allem darauf geachtet, dass das resultierende Datenmaterial für die Grundgesamtheit repräsentativ ist. In Anbetracht der Ausdehnung und Vielfalt der Untersuchungsobjekte ist es in der Pflanzensoziologie ebenso bedeutsam, dass die Stichprobenzahl (d.h. die Zahl der Aufnahmen) klein bleibt. Andernfalls ist die Realisierbarkeit vieler Projekte von vornherein in Frage gestellt. Einige neuere vegetationskundliche Untersuchungen verwenden statistische Stichprobenpläne mit gutem Erfolg (ORLOCI und STANEK 1979, GRABHERR 1985). Wir erläutern hier die als notwendig erachteten Planungsschritte anhand eines Beispiels, das sich an die Arbeit von GRUENIG (1977) anlehnt. Ziel seiner Untersuchungen war es, die Vegetations- und Standortentwicklung (Sukzession) auf unterschiedlichen, neu angelegten Brutinseln im Staubereich eines Flusskraftwerkes zu analysieren.

2.2.1 Abgrenzung der Grundgesamtheit

In einem probabilistischen Stichprobenplan kann es leicht vorkommen, dass eine Aufnahmefläche an eine unerwünschte Stelle zu liegen kommt (z.B. auf einen Weg, in eine nicht zu bearbeitende Vegetationseinheit usw.). Mit der Abgrenzung der Grundgesamtheit werden solche Fehlplatzierungen vermieden. Gleichzeitig wird der sachliche und räumliche Gültigkeitsbereich der Untersuchung festgelegt. Der erst anschliessend zu entwerfende Stichprobenplan soll sicherstellen, dass die Resultate nicht nur für die Aufnahmeflächen selbst, sondern für die ganze Grundgesamtheit gelten werden.

GRUENIG (1977) stand als Versuchsgebiet ein einziges, neu geschaffenes Gewässer zur Verfügung. Die Ergebnisse seiner Arbeit besitzen somit auch nur für dieses Gültigkeit. Innerhalb des Gebietes standen mehrere, zumeist nierenförmig gestaltete Inseln zur Auswahl (Abb. 2.2). Vergleichbare, bereits voll entwickelte Inseln, die als Referenzflächen hätten dienen können, gab es nicht. Die Inseln selbst bestanden aus unterschiedlichen Rohböden, deren Einfluss auf

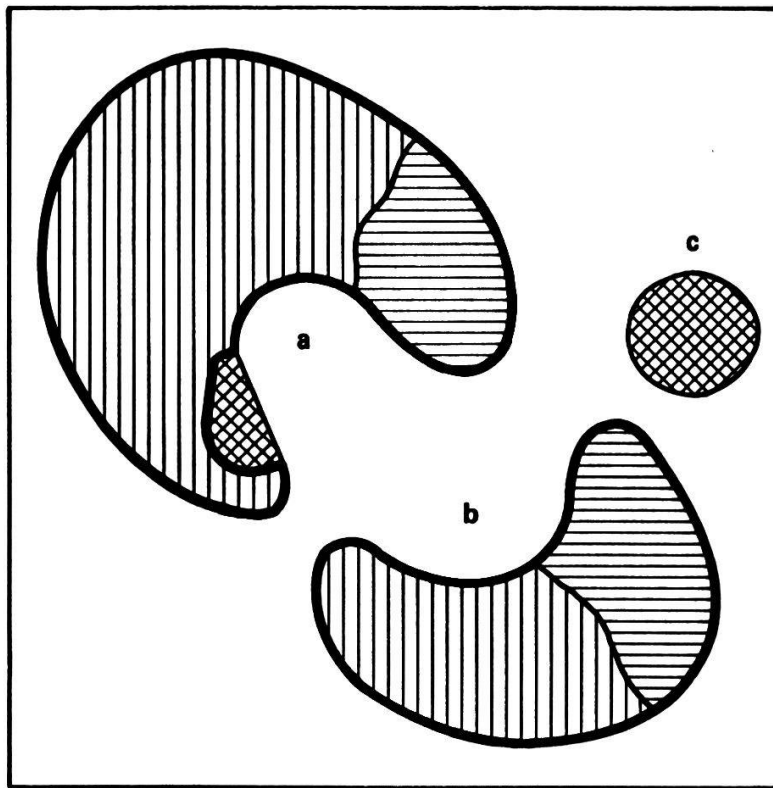


Abb. 2.2 Abgrenzung der Grundgesamtheit (in Anlehnung an GRÜNIG 1977). Humus: horizontal schraffiert. Kies: vertikal schraffiert. Blockwurfflächen (diagonal schraffiert) interessieren nicht, sodass der grösste Teil der Insel a und die ganze Insel b Gegenstand der Untersuchung werden (fette Umrandung). Insel c entfällt.

die Vegetationsentwicklung interessierte. In Abb. 2.2 wird vereinfachend angenommen, dass solche aus Grobkies, aus Humus oder aus Blockwurf zur Auswahl stehen. Nun werden alle Flächen ausgeschlossen, welche nicht Gegenstand der Untersuchung sein sollen. Da die Eigenschaften von Blockwurf nicht zu analysieren sind, entfällt Insel c sowie ein kleiner Teil der Insel a. Es kann vorkommen, dass von einem Untersuchungsgebiet weder gute Pläne noch Luftaufnahmen vorliegen. Auszuschliessende Flächen können dann erst beim Einmessen der Stichproben im Felde festgestellt werden. Wird das Ausschlussverfahren zum vornherein genau festgelegt, so tut dieses Vorgehen der Qualität des Stichprobenplanes kaum Abbruch. Um Störungen durch Randeinflüsse auszuschliessen, kann beispielsweise vereinbart werden, dass alle Stichproben, die näher als 5 Meter von einem Weg entfernt liegen, nicht zur Untersuchung gehören. Der Gültigkeitsbereich der letzteren reduziert sich dann auf Standorte abseits von Wegen.

2.2.2 Die Stratifizierung

Die Stratifizierung (auch Schichtung genannt) ist ein weiterer Planungsschritt, der den Gültigkeitsbereich der Untersuchung einschränkt (ZÖHRER 1980, PODANI 1984). Sie dient dazu, bereits vorhandenes Wissen in den Versuchsplan mit einzubeziehen und diesen damit effizienter zu gestalten. Am Beispiel der Inseln wird die Absicht klar. Hier soll ja der Einfluss verschiedener Substrate auf die Vegetationsentwicklung untersucht werden. Da nun der Aufbau der Inseln bekannt ist, sollen die Stichproben so angeordnet sein, dass jeder Substrattyp mit gleicher Intensität untersucht werden kann. Zu diesem Zwecke wird die Grundgesamtheit entsprechend unterteilt. Die Teilflächen werden Straten oder Schichten genannt. GRUENIG (1977) erwartete entscheidende Entwicklungsunterschiede auf Grund unterschiedlicher Wasserstände. Da diese durch ein Stauwehr gesteuert werden, waren sie schon bei Versuchsbeginn genau bekannt. Die Inselfläche konnte deshalb weiter nach Wasserstandsstufen stratifiziert werden. Abb. 2.3 zeigt eine Möglichkeit, bei welcher zwischen überflutbarer und nicht überflutbarer Zone unter-

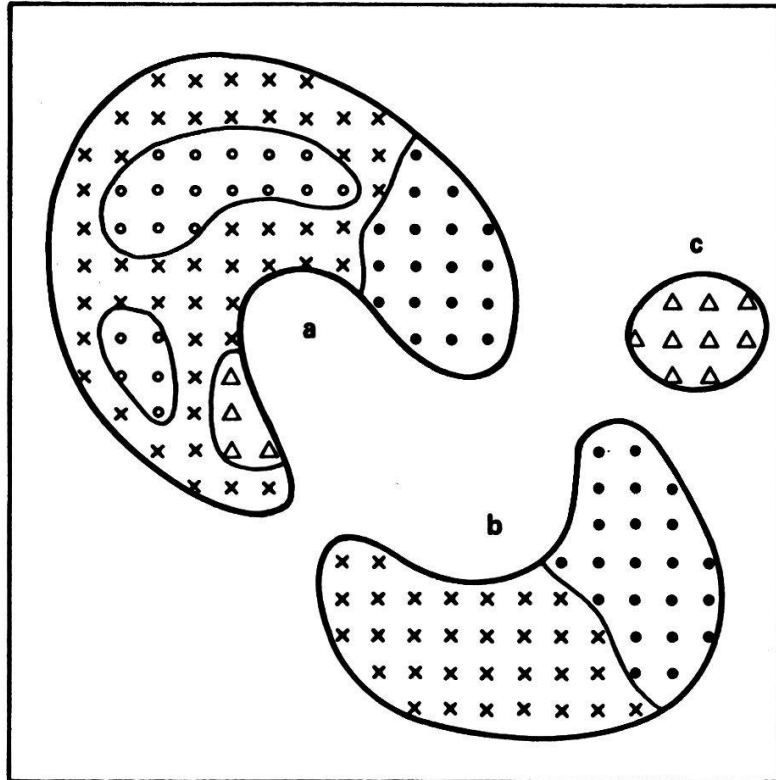


Abb. 2.3 Stratifizierung und Flächenbestimmung. Stratum 1: Kiesfläche ausserhalb der Ueberflutungszone (Kreise), 20 Flächeneinheiten. Stratum 2: Kiesfläche innerhalb der Ueberflutungszone (Kreuze), 80 Flächeneinheiten. Stratum 3: Humusfläche (Punkte), 40 Flächeneinheiten.

schieden wird. Zusammen mit den Substrattypen ergeben sich drei Straten, die teilweise auf verschiedenen Inseln liegen. Damit jede mit gleicher Intensität bearbeitet werden kann, müssen die (relativen) Flächenanteile bestimmt werden. In Abb. 2.3 wurde zu diesem Zwecke ein Raster über das Untersuchungsgebiet gelegt und die Punkte wurden ausgezählt. Die Flächen der Straten verhalten sich wie 1:4:2.

2.2.3 Der Stichprobenplan

Es sollen nun fünf Stichprobenpläne erörtert werden, wobei drei davon auf der soeben dargestellten Stratifizierung beruhen.

Als erste Möglichkeit bietet sich die **systematische, nicht stratifizierte Stichprobenerhebung** an (Abb. 2.4, oben). Sie hat die Eigenschaft, dass sich die Zahl der Stichproben etwa proportional zur Grösse der Teilflächen verhält. Tatsächlich wird unser Flächenverhältnis von 1:4:2 mit den Zahlen 5:21:9 annähernd erreicht. Dies ist im allgemeinen auch der Fall, wenn die Stichprobenzahl sehr klein ist. Die systematische Erhebung hat auch den Vorteil, dass die Einmessung der Probeflächen im Felde mit minimalem Aufwand erfolgen kann. Um die Zufälligkeit sicherzustellen, ist sowohl der Ursprung als auch die Richtung des Probenetzes probabilistisch zu ermitteln. Dieses erste Stichprobenkonzept versagt, wenn die Untersuchungsfläche periodisch auftretende Strukturen enthält (Bulten, Dünen usw.). Wenn dem so ist, muss auf Zufallsstichproben ausgewichen werden. Bei der systematischen Erfassung besteht auch die Gefahr, dass seltene Standortstypen in ungenügender Masse vertreten sind. Sie fällt dann wegen des zu hohen Aufwandes ausser Betracht.

Sollen die Straten mit gleicher Intensität bearbeitet werden, so bietet sich die **systematische, stratifizierte Stichprobenerhebung** an (Abb. 2.4, unten). Die Netzweite ist hier stratenweise so festzulegen, dass sie proportional zur Wurzel der Stratumfläche ist. Wir finden in unserem Beispiel ein solches von $1^{1/2} : 4^{1/2} : 2^{1/2} = 1:2:1.414$. Mit Stichprobenzahlen von 20, 21 und 20 erreichen wir unsere Ab-

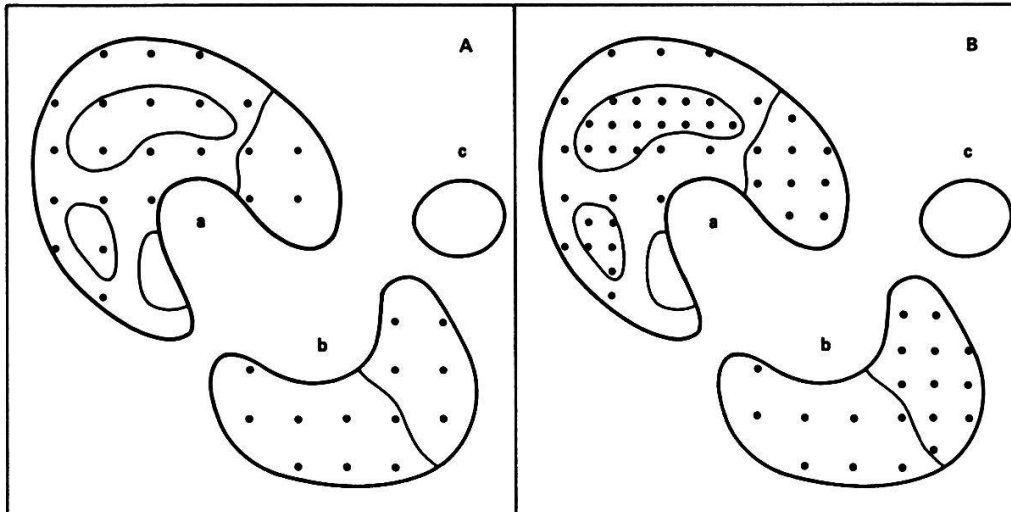


Abb. 2.4 Systematische Stichprobenpläne. A: Systematische, nicht stratifizierte Stichprobenerhebung (Stichprobenverhältnis 5:21:9). B: Systematische, stratifizierte Stichprobenerhebung (Stichprobenverhältnis 20:21:20).

sicht recht gut. Wie schon bei der nicht stratifizierten, systematischen Erhebung gilt, dass Ursprung und Richtung der Netze durch Zufall festzulegen sind. Auch hier ist wiederum zu prüfen, ob im Untersuchungsgebiet periodische Strukturen das Konzept stören.

Das allgemeinste Konzept ist in der nicht stratifizierten **Zufallserhebung** realisiert. Abb. 2.5, A, zeigt diese Lösung. Die Zahl der Stichproben innerhalb der Straten ist proportional zu deren Fläche, doch die zufallsbedingten Abweichungen sind generell wesentlich grösser als bei einer systematischen Erhebung (2:19:14 statt der zu erwartenden 5:20:10). Auffällig an einer echten Zufallsverteilung ist das herdenartige Auftreten vieler Punkte. Versuche, echte Zufälligkeit nach subjektiven Gesichtspunkten zu konstruieren, scheitern meistens. Bei der Bestimmung der Punktkoordinaten sind deshalb Zufallszahlen zu verwenden. Im vorliegenden Beispiel lieferte sie ein programmierbarer Taschenrechner.

Bei der **stratifizierten Zufallserhebung** liest man so lange Zufallskoordinaten aus einer Tabelle heraus, bis jedes Stratum seiner Fläche entsprechend repräsentiert ist (Abb. 2.5, B), oder bis alle Straten gleichmässig besetzt sind, d.h. jedes Stratum gleich repräsentiert ist (Abb. 2.5, C). Bei statistischen Tests, Varianz- oder Diskriminanzanalysen bietet dies erhebliche interpretatorische Vorteile. Für pflanzenökologische Untersuchungen ist deshalb die stratifizierte der unstratifizierten Stichprobenerhebung generell vorzuziehen.

In den hier vorgestellten Beispielen ist die Zahl der Stichproben entweder proportional zur Stratumfläche oder sie ist in allen Straten gleich. Das sind jedoch nur die einfachsten Fälle. Befriedigen sie nicht, so sind andere Lösungen zu suchen. Solche werden z.B. bei DAGET und GODRON (1982), Seite 18 diskutiert. ZÖRER (1980) zeigt, wie sich in der Waldmesskunde die bei der Hochrechnung auftretenden Fehler für verschiedene Stichprobenpläne berechnen lassen. Seine Schlussfolgerungen bezüglich des Erhebungsaufwandes

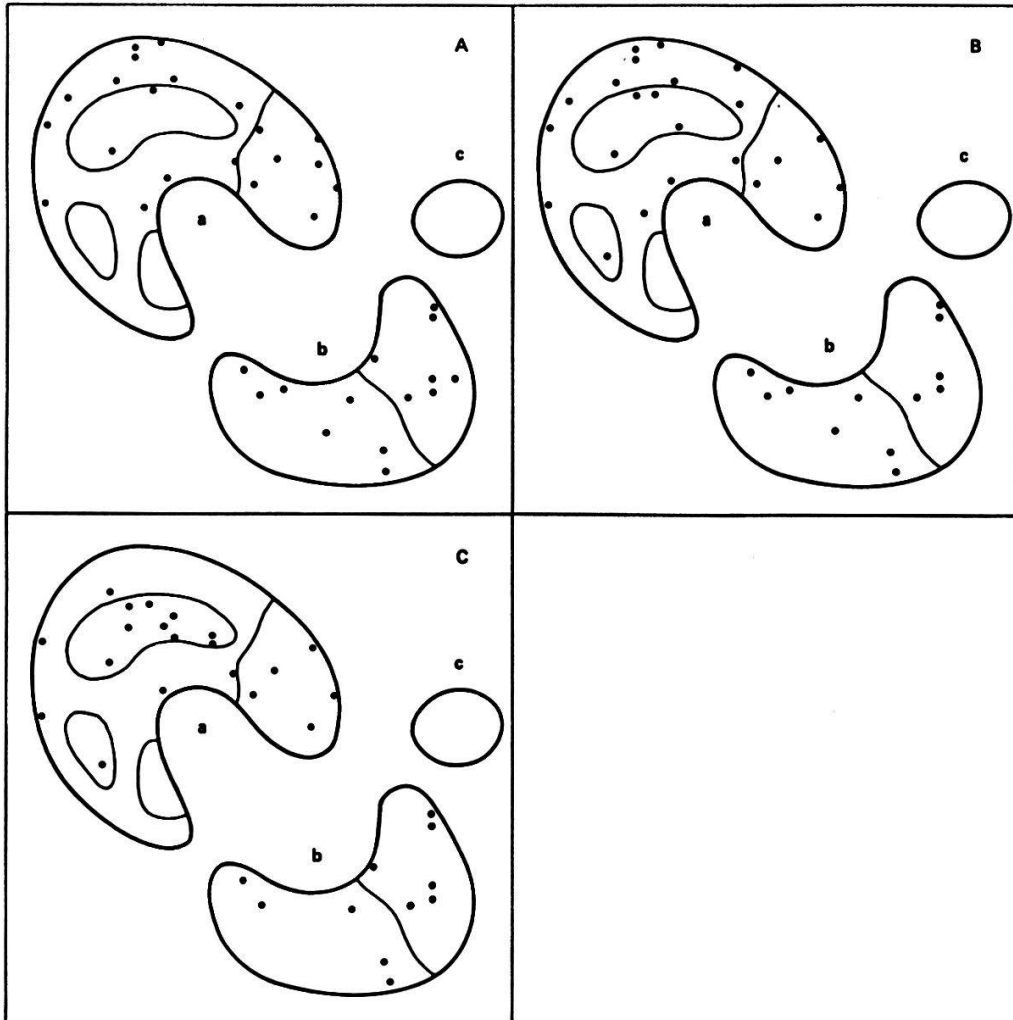


Abb. 2.5 Zufalls- Stichprobenpläne. A: Zufällige Stichprobenpläne (Stichprobenverhältnis 2:19:14). B: Stratifizierte, zufällige Platzierung mit Probenzahlen proportional zur Stratumfläche (Stichprobenverhältnis 5:20:10). C: Stratifizierte, zufällige Platzierung mit gleicher Probenzahl pro Stratum (je 10 Stichproben).

sind wohl auf viele vegetationskundliche Untersuchungen übertragbar.

Die Anwendung statistischer Stichprobenpläne ist heute im Zusammenhang mit kleinräumigen Untersuchungen und Experimenten üblich geworden. Für grossräumige Uebersichten sind uns hingegen nur wenige Beispiele bekannt (ORLOCI und STANEK 1979, GRABHERR 1985). Die Entwicklung neuer pflanzensoziologischer Systeme müsste aber auf einem solchen Vorgehen beruhen.