

Der Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz (Welten und Sutter 1982) auf EDV : die Artenzahlen und ihre Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren

Autor(en): **Wohlgemuth, T.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Botanica Helvetica**

Band (Jahr): **103 (1993)**

Heft 1

PDF erstellt am: **14.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-71328>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Der Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz (Welten und Sutter 1982) auf EDV: Die Artenzahlen und ihre Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren

T. Wohlgemuth

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Zürcherstraße 111, CH-8903 Birmensdorf

Manuskript angenommen am 23. März 1993

Abstract

Wohlgemuth T., 1993. The distribution atlas of pteridophytes and phanerograms of Switzerland (Welten and Sutter 1982) in a relational database: Species number per mapping unit and its dependence on various factors. Bot. Helv. 103: 55–71.

The distribution atlas of pteridophytes and phanerograms of Switzerland (Welten and Sutter 1982) was digitized at the Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research in Birmensdorf (CH). The data are stored in a relational data base, which is flexible enough to allow any kind of retrieval and analysis. The floristic diversity and its dependence on various factors was analysed by comparing the species number per mapping unit. A relation could be established between species numbers and the following factors: range of altitude covered by the mapping unit, rock type, geographical region, and thoroughness of the mapping. Low species numbers were found in most of the mountainous areas in the Ticino consisting mostly of non-calcareous rock, such as Gneiss.

Analysis shows, that the species numbers in the western parts of the country are on average lower than in the eastern parts. The geographical regions with the highest floristic diversity are the Valais, the Ticino, the Grisons and the eastern part of the Northern Alps.

A link was found between the species number per mapping unit known from herbarium specimens only and the nearest herbarium. The species number per mapping unit known from the literature strongly depends on the quality of the Flora available.

Key words: Distribution atlas, flora, floristic diversity, species number, relational data base, Switzerland.

1. Einleitung

Die vorliegende Arbeit ist ein Bericht über die elektronische Erfassung und Speicherung der Verbreitungsdaten, die im Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen

der Schweiz (Welten und Sutter 1982) enthalten sind, sowie über die Abhängigkeit der Artenzahlen pro Kartierfläche von verschiedenen Faktoren.

In den Jahren 1967 bis 1979 wurde die Schweiz durch rund 200 Botaniker flächendeckend kartiert. Zur Kartierung wurde die Schweiz in 593 unregelmäßige Flächen unterteilt. Die Einteilung erfolgte nach topographischen Gesichtspunkten. Es wurden 350 Tal-, 215 Berg- und 28 Seenflächen unterschieden. Als Grenze zwischen Tal- und Bergflächen diente in den meisten Fällen die natürliche Waldgrenze. Im Jura wurden alle Gebiete über 1300 m als Bergflächen klassiert – unabhängig von einer künstlichen oder natürlichen Waldgrenze. Einige zum Teil bewaldete Gipfelregionen im Mittelland und in den Voralpen wurden ebenfalls als Bergflächen definiert. Die einzelnen Kartierflächen wurden von einem oder mehreren Botanikern kartiert. Aufgrund der Artenlisten aller Kartierflächen wurden Verbreitungskarten für 2573 Pflanzensippen erstellt. Dabei wurden die beiden Häufigkeitsangaben ‚selten‘ und ‚häufig‘ unterschieden. Die Resultate einer zusätzlichen Literatur- und Herbarauswertung wurden im Verbreitungsatlas mit speziellen Symbolen vermerkt.

Um beliebige Abfragen durchführen zu können, drängte sich eine Speicherung der Atlasdaten auf elektronischen Datenträgern auf. In den Jahren 1989 bis 1991 wurde an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft in Birmensdorf (ZH) der Verbreitungsatlas digital erfaßt. Das gesamte Datenmaterial ist in Form einer relationalen Datenbank gespeichert.

Die nun vorliegende Datenbank eröffnet viele neue Möglichkeiten: Die Daten können mit anderen Datensätzen verbunden werden; die Verbreitungsdaten können aufdatiert werden (Einbezug von Nachträgen); es können regionale Artenlisten erstellt werden.

Zuverlässigkeit der Daten in den Verbreitungskarten

Erfahrung und Zeitaufwand des einzelnen Kartierers oder der Kartiererin spielten für die Zuverlässigkeit der erhobenen Daten innerhalb einer Kartierfläche eine maßgebende Rolle. In vielen Kartierflächen, deren Artenzahlen nach einer ersten Kartierung unter den Erwartungen lagen, führte der vollamtliche Projektbearbeiter Ruben Sutter Ergänzungskartierungen durch. 1984, zwei Jahre nach Erscheinen des Florenatlas, wurden etwa 1200 Nachtragsmeldungen publiziert (Welten und Sutter 1984); eine noch größere Zahl an weiteren Nachträgen ist bis heute gemeldet worden. Da die Nachträge auf methodisch unsystematische Weise zustande kamen, wurde bisher auf ihren Einbezug in die Datenbank verzichtet.

Daß die Kartierung keinen absoluten Anspruch auf Vollständigkeit haben kann, war den Herausgebern klar. Sie rechneten mit einer Erfassung von etwa 80 bis 90 Prozent aller in einer Kartierfläche effektiv enthaltenen Arten.

Die Verbreitungsdaten sind das Resultat einer zeitlich begrenzten Erhebung (1967 bis 1979). Das Datenmaterial ist als Stichprobe der Schweizer Flora aufzufassen. Die Verbreitungskarten im Florenatlas stellen daher eine Annäherung an die tatsächliche Verbreitung dar.

Die zusätzlichen Angaben für Herbarbelege und Literaturangaben sind abhängig von der Qualität der Quellen, welche für die Auswertung zur Verfügung standen.

Fragestellung

Der Verbreitungsatlas stellt eine statistische Grundlage zur Untersuchung der Artenvielfalt in den verschiedenen Regionen der Schweiz dar. Als Maß der Artenvielfalt bietet sich die Zahl pro Kartierfläche notierter Arten (kurz: Artenzahl) an. Im Zusammenhang

mit der Frage nach der Vergleichbarkeit der Kartierflächen ist natürlich die Abhängigkeit der Artenzahl von verschiedenen Faktoren von Interesse. Im einzelnen wurden die folgenden Hypothesen aufgestellt und auf ihre Gültigkeit untersucht:

1. Die Artenzahl pro Kartierfläche nimmt mit zunehmender Kartierflächengröße zu.
2. Die Artenzahl pro Kartierfläche nimmt mit zunehmender Höhererstreckung (der in einer Kartierfläche abgedeckte Höhenbereich zwischen unterer und oberer Höhenbegrenzung) zu.
3. Die Artenzahl pro Kartierfläche ist abhängig vom geologischen Untergrund, der in der Kartierfläche vorliegt. Kartierflächen, welche kalkreiches Gestein enthalten, weisen mehr Arten auf als solche mit nur kalkarmem Gestein.
4. Die Artenzahlen der Kartierflächen sind abhängig vom Naturraum. Die im Verbreitungsatlas unterschiedenen Naturräume (Jura; westliches, zentrales und östliches Mittelland; nordwestliche und nordöstliche Voralpen; Wallis; Tessin; Graubünden) sind verschieden artenreich.
5. Die Artenzahl hängt vom Kartieraufwand und der Felderfahrung des Kartierers ab.

Analog zur Analyse der Anzahl der pro Fläche kartierten Arten wurden die Herbarbelege und die Literaturangaben untersucht. Folgende Hypothesen wurden überprüft:

1. Die Häufigkeit der Herbarbelege pro Kartierfläche hat einen geographischen Zusammenhang zum nächstliegenden Herbarium, welches in der Auswertung berücksichtigt wurde.
2. Die Häufigkeit der Literaturangaben pro Kartierfläche hängt von der Verfügbarkeit eines Florenwerkes für die betreffende Region und von seiner Qualität ab.

2. Methoden

Datenerfassung

Als Vorlage zur Digitalisierung der Verbreitungsdaten dienten die Druckvorlagen (A3-Folien) der Verbreitungskärtchen im Atlas. Auf die Erfassung von Nachträgen und Ergänzungen wurde bisher verzichtet. Die Grenzpolygonzüge der Kartierflächen wurden ebenfalls digitalisiert.

Datenspeicherung

Zur Speicherung der Daten wurde eine relationale Datenbank angelegt. Sie befindet sich an der WSL, auf einem Kleincomputer (ICON/UNIX), Software UNIFY ©. Die Grenzpolygonzüge wurden separat mit Hilfe der Software ARC/INFO © auf einer Microvax-3600 Anlage (VAX/VMS) gespeichert.

Die Datenstruktur in der relationalen Datenbank ist in Abb. 1 dargestellt. Die Atlasdaten sind in den drei Tabellen ‚Arten‘, ‚Kartierflächen‘ und ‚Verbreitung‘ gespeichert. Die Tabelleninhalte sind über Identifikationsnummern miteinander verbunden. In der digitalen Form sind Abfragen in beliebiger Form durchführbar. Die Daten können exportiert oder aufdatiert werden.

Datenkontrolle

Alle Verbreitungsdaten wurden auf allfällige Erfassungsfehler überprüft. Zu diesem Zweck wurden Artenlisten für alle Kartierflächen reproduziert und mit den originalen Artenlisten verglichen. Allfällige Unstimmigkeiten wurden mit den Einträgen auf den Verbreitungskärtchen verglichen und korrigiert. Fehler, welche während der Atlasherstellung erfolgt sind (z. B. beim Übertrag von den originalen Artenlisten auf die Verbreitungskarten), konnten nicht korrigiert werden.

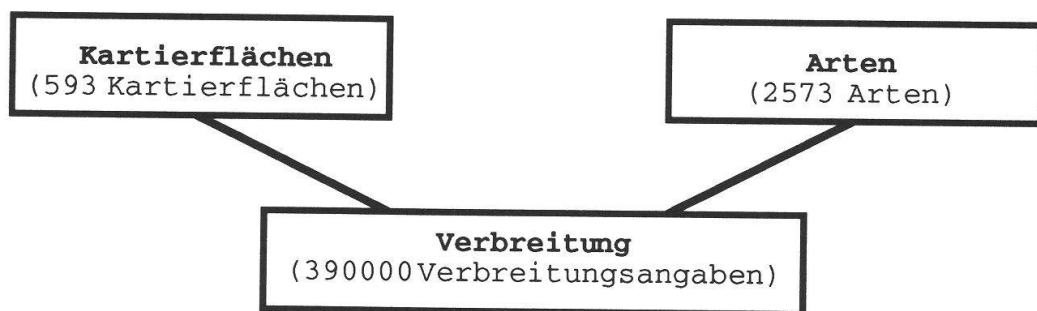


Abb. 1. Datenstruktur der Datenbank. Die Kästchen entsprechen den Tabellen in der Datenbank. Die Beziehungen zwischen den Tabellen sind mit Strichen dargestellt.

Abhängigkeit der Artenzahlen von verschiedenen Faktoren

Als Maß für die Artenvielfalt wurde die Zahl der pro Kartierfläche kartierten Arten (kurz: Artenzahl) gewählt. Seltenes und häufiges Vorkommen wurde nicht unterschieden. Die Artenzahlen wurden in bezug auf ihre Abhängigkeit von den Faktoren Kartierflächengröße, Höhenerstreckung (der in einer Kartierfläche abgedeckte Höhenbereich zwischen unterer und oberer Höhenbegrenzung), Kartieraufwand (Aufwand und Felderfahrung des Kartierers), geologischer Untergrund und Naturraum untersucht. Dabei wurden die Abhängigkeiten mit Korrelationen oder mit Mittelwertanalysen überprüft. Die Herbarbelege und die Literaturangaben wurden qualitativ beurteilt.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Artenzahlen der kartierten Arten

Die grundlegende Unterscheidung von Tal- und Bergkartierflächen im Verbreitungsatlas wurde in der Regel auch für die folgenden Analysen beibehalten. Die Seeflächen wurden nicht in die Analyse miteinbezogen.

Abb. 2 (Talflächen) und Abb. 3 (Bergflächen) zeigen die in den einzelnen Kartierflächen beobachteten Artenzahlen. In Tab. 1 sind die statistischen Werte aufgeführt.

Talflächen: Besonders groß sind die Artenzahlen im Churer und St. Gallener Rheintal sowie im Unterwallis. Alle Kartierflächen des östlichen und westlichen Mittellandes weisen kleine Artenzahlen auf. Die durchschnittliche Artenzahl einer Kartierfläche beträgt 694 Arten. Die höchste Artenzahl mit 1400 Arten stammt von der Kartierfläche Buchs (Nr. 694, vgl. Kap. 3.1.5), die kleinste mit 473 Arten von der Kartierfläche Riggisberg (Nr. 262).

Bergflächen: Die Artenzahlen der Bergflächen sind durchschnittlich etwa halb so groß wie diejenigen der Talflächen. Die größten Artenzahlen weisen die Kartierflächen in den östlichen Alpen auf, die kleinsten Artenzahlen stammen von verschiedenen Tessiner Bergflächen und von Bergflächen des Mittellandes sowie des Alpenvorlandes. Die mittlere Artenzahl beträgt 353 Arten. Die höchste Artenzahl mit 548 Arten stammt von der Kartierfläche Churfürsten (Nr. 695, vgl. Kap. 3.1.5), die kleinste mit 135 Arten von der Kartierfläche P. Medaro, P. di Ruscada (Nr. 816, vgl. Kap. 3.1.3).

3.1.1 Artenzahl und Kartierflächengröße

Talflächen (Tab. 1): Die mittlere Größe der Kartierflächen beträgt 84,4 km². Die kleinste Fläche beträgt 9,2 km² (Nr. 852, Monte Bré), die größte 174,9 km² (Nr. 185,

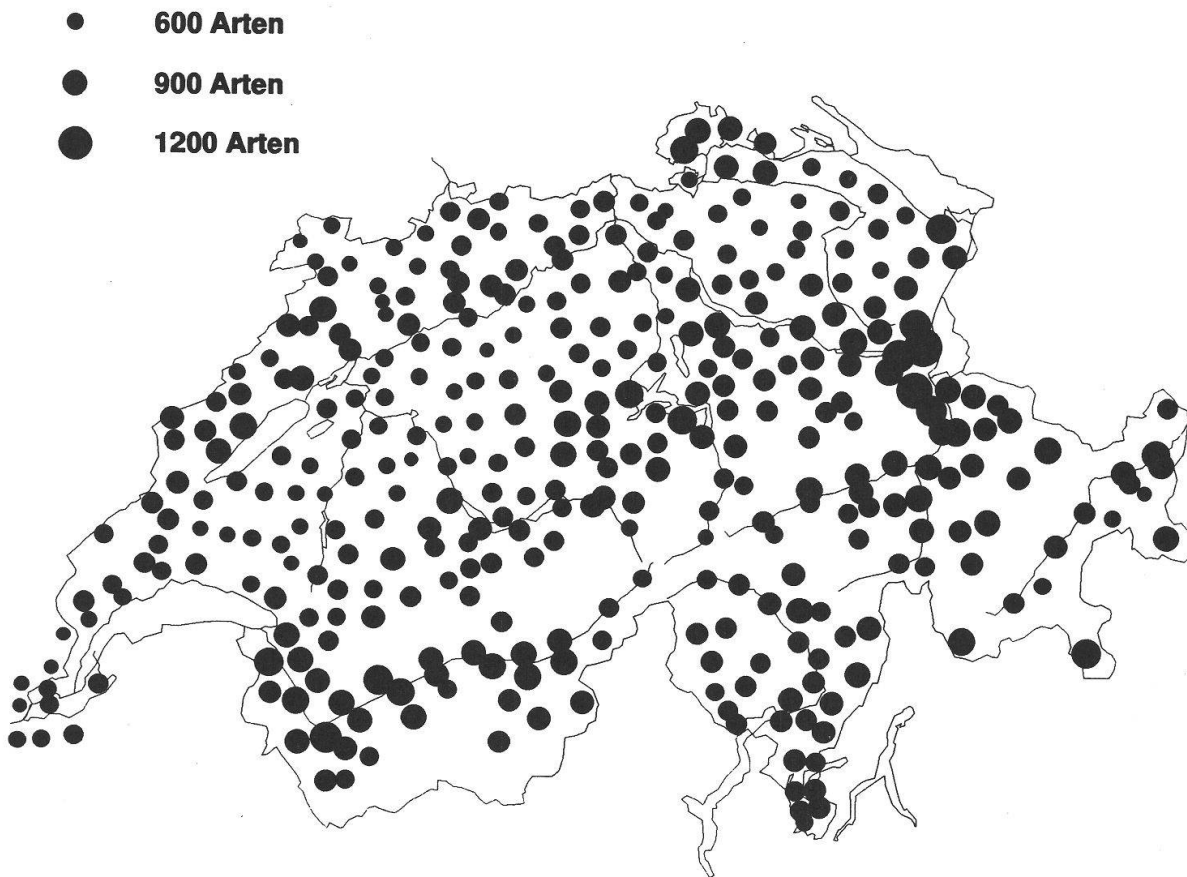


Abb. 2. Artenzahlen (●) in allen Talflächen (seltenes und häufiges Vorkommen). Die Kreisradien sind proportional zu den Artenzahlen in den Kartierflächen.

Wittnau). Ein statistischer Zusammenhang zwischen Artenzahl und Kartierflächengröße besteht nicht (Korrelationskoeffizient $r = -0,05$). Die Hypothese, wonach die Artenzahl mit zunehmender Flächengröße zunimmt, kann verworfen werden. Die Artenzahl pro Kartierfläche ist unabhängig von der Kartierflächengröße.

Dieses Resultat erstaunt bei der enormen Variationsbreite der Flächengröße. Es bedeutet, daß die Kartierflächenwahl geschickt getroffen wurde. Die einzelne Talfläche ist in den meisten Fällen ein Ausschnitt aus einem relativ einheitlichen Gebiet.

Bergflächen (Tab. 1, Abb. 4): Die mittlere Kartierflächengröße beträgt $49,1 \text{ km}^2$. Die kleinste Fläche beträgt $0,8 \text{ km}^2$ (Nr. 267, Selibühl), die größte $137,9 \text{ km}^2$ (Nr. 939, Adula). Der Zusammenhang zwischen Artenzahl und Kartierflächengröße ist sehr schwach, der Korrelationskoeffizient r beträgt $0,31$. Annäherungsweise kann die Verbundenheit mit einem kurvenartigen Anstieg (Abb. 4, gestrichelte Linie) beschrieben werden. Bei kleinen Kartierflächen steigt die Artenzahl mit zunehmender Fläche rasch, mit weiter zunehmender Flächengröße immer langsamer an. In der Abbildung ist der Zusammenhang für kleine Kartierflächen mit einer Regressionsgeraden dargestellt:

$$\text{Kartierflächen} < 20 \text{ km}^2: y = 7,346x + 239,3; \text{Korrelationskoeffizient } r = 0,51.$$

Für kleine Kartierflächen gilt die aufgestellte Hypothese, wonach die Artenzahl mit zunehmender Flächengröße zunimmt. Für die Gesamtheit aller Bergflächen kann sie dagegen verworfen werden. Das Minimum-Areal für Bergflächen, d.h. die Mindestfläche, die eine Bergfläche für den unabhängigen Vergleich mit anderen Bergflächen aufwei-

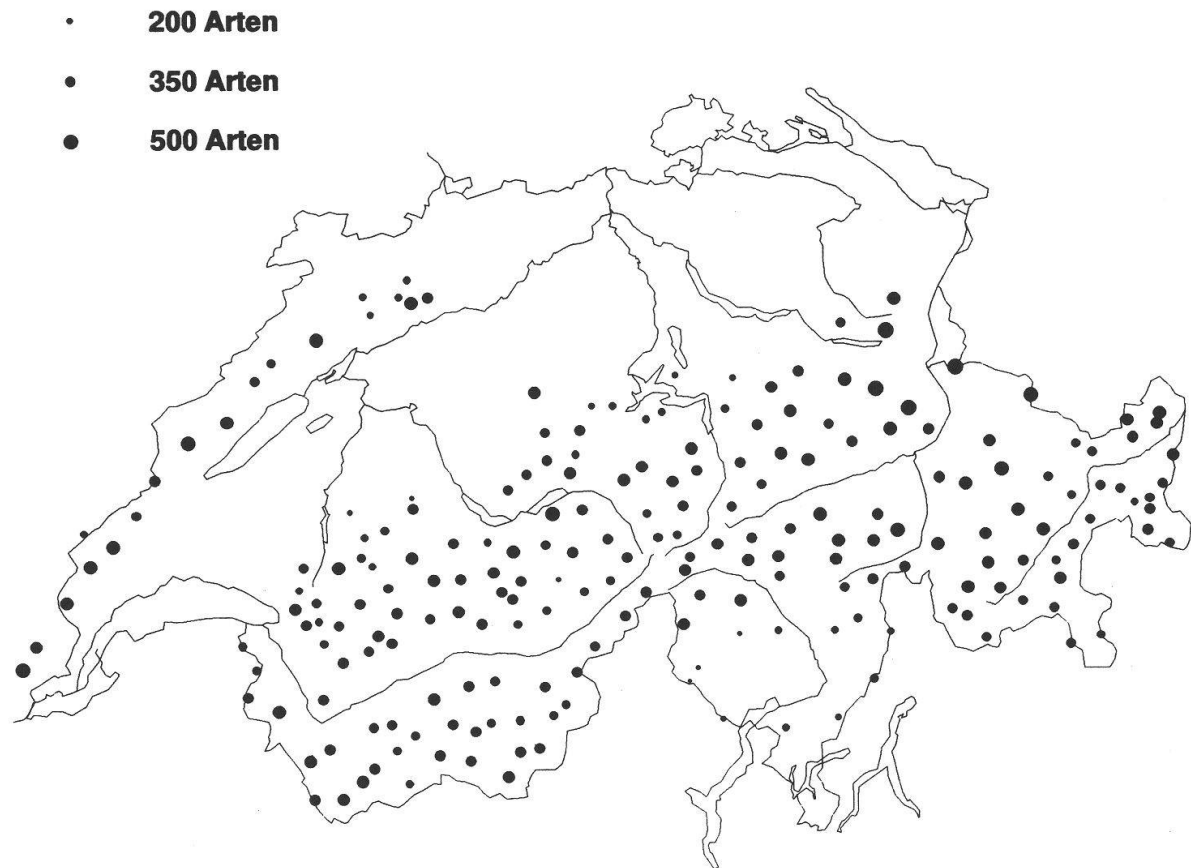


Abb. 3. Artenzahlen (●) in allen Bergflächen (seltenes und häufiges Vorkommen) Die Kreisradien sind proportional zu den Artenzahlen in den Kartierflächen. Die Artenzahlen sind gleich skaliert wie in Abb. 2.

Tab. 1. Artenzahl, Flächengröße und Höhererstreckung der Tal- und Bergkartierflächen (n: Anzahl Kartierflächen; Ø: mittlere Artenzahl; min: kleinster Wert; max: größter Wert; s: Standardabweichung).

	Talflächen (n = 350)				Bergflächen (n = 215)			
	Ø	min.	max.	s	Ø	min.	max.	s
Artenzahl	751	473	1400	134,8	352	135	548	76,6
Flächengröße [km ²]	84,4	9,2	174,9	28,5	49,1	0,8	137,9	32,9
Höhenerstreckung [m]	864	72	1716	447,6	1004	50	2374	582,4

sen sollte, müßte größer als etwa 20 km² sein. Warum wurden kleinere Flächen ausgeschieden? Die kleinen Flächen sind durchwegs Jurabergflächen, isolierte Mittelland- oder Voralpengipfel. Bei der Planung wurde großes Gewicht auf die Selbständigkeit, auf die Isolierung einer Bergfläche und auf ihren Gehalt an echter Alpenflora gelegt (Welten 1971). In der Verbreitungsdarstellung wurde damit bezüglich des isolierten Vorkommens von Bergpflanzen abseits des Alpengebietes eine feinere Auflösung erreicht.

Bezüglich der Artenzahl sind Vergleiche zwischen Bergflächen mit geringer und solchen mit großer Flächengröße nur schwer möglich.

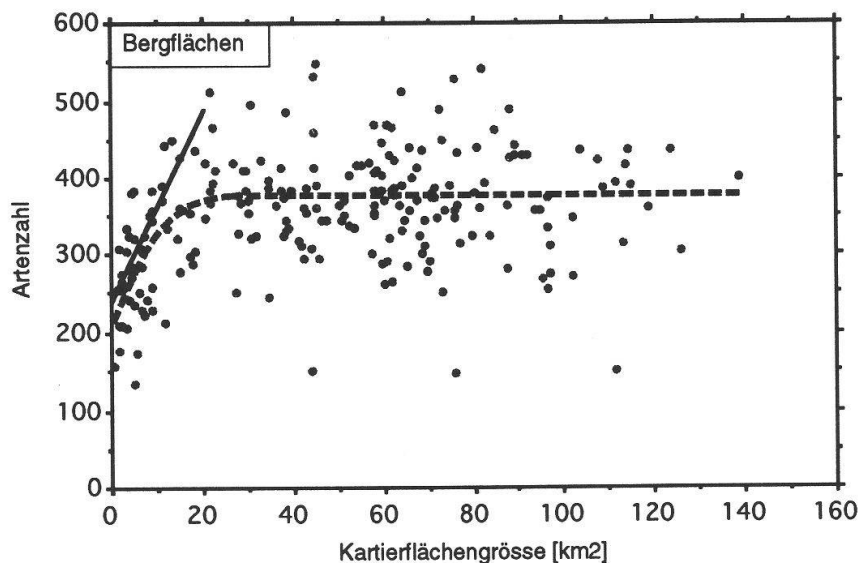


Abb. 4. Korrelation zwischen Artenzahl und Kartierflächengröße (Bergflächen). Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,31. Für alle Kartierflächen mit einer Fläche unter 20 km² beträgt der Korrelationskoeffizient 0,51. Annäherungsweise ist der Zusammenhang mit einer gestrichelten Kurve dargestellt.

3.1.2 Artenzahl und Höhererstreckung

Unter Höhererstreckung ist der in der Kartierfläche abgedeckte Höhenbereich zwischen der unteren und oberen Höhenbegrenzung zu verstehen.

Talflächen (Tab. 1, Abb. 5): Die mittlere Höhererstreckung beträgt 860 m, die Variationsbreite reicht von 72 m (Nr. 243, Laupen) bis 1716 m (Nr. 723, Bramois). Der Zusammenhang zwischen den beiden Variablen Artenzahl und Höhererstreckung ist mit einem Korrelationskoeffizienten von $r=0,57$ schwach vorhanden. Mit zunehmender Höhererstreckung einer Kartierfläche nimmt die Artenzahl im allgemeinen zu. Der Zusammenhang läßt sich mit einer Regressionsgeraden darstellen:

$$y = 0,174x + 597,47; \text{ Korrelationskoeffizient } r = 0,57.$$

Die Extremwerte am oberen Rand der Punktwolke in Abb. 5 werden in Kap. 3.1.5 behandelt.

Die aufgestellte Hypothese, wonach die Artenzahl mit zunehmender Höhererstreckung zunimmt, konnte bestätigt werden. Demzufolge sind die tiefsten Artenzahlen im Mittelland, die höchsten im Wallis zu finden. In Mittellandflächen wachsen in der Regel nur kolline und montane Arten, während in höheren Lagen (Talflächen im Jura oder im Alpenbereich) neben kollinen und montanen Arten auch subalpine und alpine Arten hinzukommen.

Bergflächen (Tab. 1, Abb. 6): Die mittlere Höhererstreckung beträgt 999 m, die Variationsbreite reicht von 50 m (Nr. 267, Selibühl) bis 2374 m (Nr. 598, Engelhörner bzw. Nr. 584, Schreckhorn). Werden alle Bergflächen miteinander korreliert, besteht kein Zusammenhang zwischen Artenzahl und Höhererstreckung (Korrelationskoeffizient $r=0,14$). Werden dagegen nur die Bergflächen mit kleiner Höhererstreckung (< 750 m) miteinander verglichen, ergibt sich ein schwacher Zusammenhang (Korrelationskoeffizient $r=0,44$), welcher in Abb. 6 mit einer Regressionsgeraden angedeutet ist:

$$\text{Höhererstreckung } < 750 \text{ m: } y = 0,195x + 263,5; \text{ Korrelationskoeffizient } r = 0,44.$$

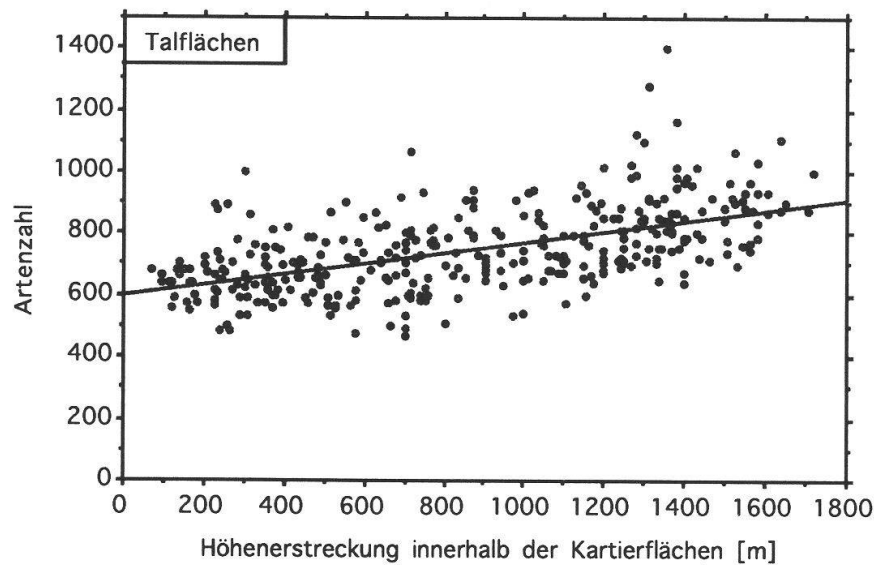


Abb. 5. Korrelation zwischen Artenzahl und Höhenerstreckung (Höhenbereich zwischen unterer und oberer Höhenbegrenzung innerhalb einer Kartierfläche): Talflächen. Der Korrelationskoeffizient für alle Talflächen beträgt 0,57.

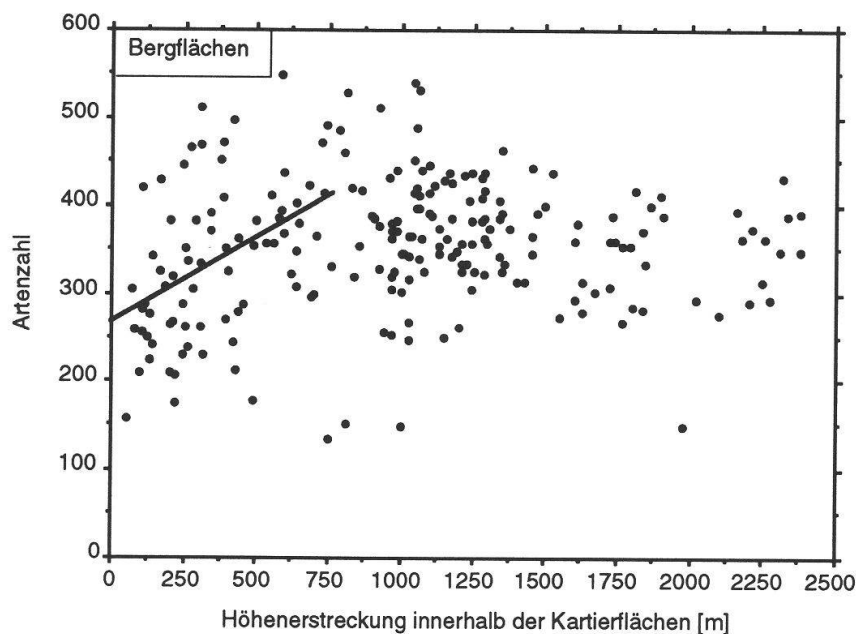


Abb. 6. Korrelation zwischen Artenzahl und Höhenerstreckung (Höhenbereich zwischen unterer und oberer Höhenbegrenzung innerhalb einer Kartierfläche): Bergflächen. Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,31. (Kartierflächen < 750 m: $r = 0,44$).

Am unteren, artenarmen Rand der Punktwolke befinden sich einige Extremwerte: Die drei Tessiner Bergflächen P. Medaro/P. di Ruscada (Nr. 816), Rosso di Ribbia (Nr. 817) und Monte Zuccherò (Nr. 827) besitzen bei Höhenerstreckungen von 750 bis 1000 m nur etwa 150 Arten (vgl. Kap. 3.1.4). Mit ebenfalls nur 150 Arten bei einer Höhenerstreckung von fast 2000 m stellt die Bergfläche Konkordiaplatz (Nr. 718) einen weiteren Extremwert dar (vgl. Kap. 3.1.5).

Bergflächen mit geringer Höhererstreckung sind einerseits Juraflächen, welche mit zunehmender Meereshöhe eine größere Anzahl an Alpenpflanzen enthalten, andererseits dem Alpenkamm vorgelagerte Berggipfel. Bei den vorgelagerten, meist isolierten Berggipfeln steigen mit abnehmender Entfernung zum Alpenkamm die Gipfelhöhen (damit auch die Höhererstreckung), gleichsam steigt auch der Anteil an subalpinen und alpinen Pflanzen (Lüdi 1927). In den Bergflächen mit großer Höhererstreckung stagniert die Artenzunahme, da nur ganz wenige hochalpine Arten zur bereits vorhandenen Alpenpflanzengarnitur hinzukommen.

Für Bergflächen mit geringer Höhererstreckung trifft die aufgestellt Hypothese, wenn auch nur in schwachem Maße, zu. Werden alle Bergflächen miteinander verglichen, muß die Hypothese jedoch verworfen werden.

3.1.3 Artenzahl und geologischer Untergrund

Aufgrund der Angaben im Verbreitungsatlas für kalkreiches oder kalkarmes Gestein (Fels, Geröll; Karten G und H) wurden die Artenzahlen auf ihre Abhängigkeit vom geologischen Untergrund untersucht. Die Abhängigkeit wurde mit Mittelwerten untersucht. Die Resultate sind in Tab. 2 zusammengefaßt. Die Mittelwertdifferenzen wurden mit dem t-Test überprüft.

Talflächen: Es besteht kein Unterschied zwischen kalkreicher oder kalkarmer Unterlage bezüglich der Artenzahl, wohl aber sind etwas mehr Arten auf gemischtem Untergrund (Kartierflächen, welche beide Substratarten enthalten) zu verzeichnen. Die Hypothese, wonach Kartierflächen mit kalkreichem Untergrund mehr Arten enthalten, muß daher verworfen werden. Der Grund dafür liegt wahrscheinlich darin, daß in vielen Talflächen das Muttergestein nur an wenigen Orten zum Vorschein kommt und somit der Substrateinfluß eine untergeordnete Rolle spielt.

Bergflächen: Kartierflächen mit ausschließlich kalkreicher Unterlage und solche mit gemischter Unterlage haben einen signifikant höheren Mittelwert als solche mit ausschließlich kalkarmer Unterlage. Der Unterschied beträgt 76 Arten (+ 28%) beziehungsweise 95 Arten (+ 35%). Die aufgestellte Hypothese konnte bestätigt werden.

Mit zunehmender Meereshöhe liegen vermehrt Fels oder Schutt an der Erdoberfläche, die Bodenschicht wird dünner oder fehlt. Damit nimmt der direkte Einfluß der geologischen Unterlage auf die Flora großflächig und markant zu. Als Beispiel für Kartierflächen mit einseitig kalkarmer Unterlage können die meisten Tessiner Bergflächen genannt werden, deren geologischer Untergrund zumeist aus Gneiß besteht. Die absolut tiefsten Artenzahlen stammen aus den Flächen P. Medaro/P. di Ruscada (Nr. 816; 135

Tab. 2. Mittlere Artenzahlen pro Kartierfläche und geologische Unterlage: \bar{x} = mittlere Artenzahl; s = Standardabweichung; n = Anzahl Kartierflächen. **Fettgedruckte** Zahlen wurden untereinander verglichen.

	Talflächen			Bergflächen		
	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s	n
kalkreich	739	137,7	164	351	80,2	58
kalkarm	736	111,3	42	275	72,9	30
gemischt	768	136,7	144	370	64,1	127

Arten), Rosso di Ribbia (Nr. 817; 151 Arten) und Monte Zucchero (Nr. 827; 148 Arten). In letzterer Fläche ist die Artenarmut besonders eindrucksvoll bei einer Fläche von 75,9 km² und bei einer Höhererstreckung von 1004 m.

3.1.4 Artenzahl und Naturraum

Anhand der groben Einteilung der Kartierflächen im Verbreitungsatlas (S. 76 ff.) in die Naturräume Jura, westliches, zentrales und östliches Mittelland, nordwestliche und nordöstliche Voralpen, Wallis, Tessin und Graubünden wird die Abhängigkeit der Artenzahl von diesen Regionen untersucht. Die Artenzahlen aller Kartierflächen wurden nach deren Zuordnung zu Naturräumen gemittelt. Zusätzlich wurden die Gesamtartenzahlen pro Naturraum ermittelt. Die Resultate sind in Tab. 3 zusammengefaßt. Die Mittelwertdifferenzen wurden mit dem t-Test überprüft.

Talflächen: Werden die mittleren Artenzahlen untereinander verglichen, so ist im Mittelland ein kontinuierlicher Artenanstieg von West nach Ost festzustellen. Signifikante Mittelwertunterschiede bestehen zwischen dem westlichen und zentralen (51 Arten, +8%) resp. östlichen Mittelland (91 Arten, +14%). Der gleiche Trend ist in den nördlichen Voralpen festzustellen, wo der durchschnittliche Artenanstieg von den nordwestlichen Voralpen zu den nordöstlichen Voralpen 82 Arten (+10%) pro Kartierfläche beträgt. Zwischen den Artenzahlen der Bündner und Walliser Talflächen besteht kein

Tab. 3. Mittlere und Gesamtartenzahlen nach Naturräumen: Ø: Durchschnitt; Σ: Summe; s: Standardabweichung; n: Anzahl Kartierflächen. **Fettgedruckte** Artenzahlen wurden untereinander verglichen.

	Ø Artenzahl	s Arten	Σ Arten	Σ Fläche [km ²]	Ø Höhenerstreck. [m]	Ø Fläche [km ²]	n
Talflächen							
Jura	705	108	1620	4309	619	84,5	51
Westliches Mittelland	639	84	1618	3676	440	102,1	36
Zentrales Mittelland	690	108	1672	5043	518	100,9	50
Östliches Mittelland	730	130	1761	4203	434	107,8	39
Nordwestliche Voralpen	760	102	1735	2489	1173	71,1	35
Nordöstliche Voralpen	842	185	1773	2685	1235	74,6	36
Wallis	848	123	1841	1931	1351	71,6	27
Tessin	772	71	1823	2124	1282	66,4	32
Graubünden	821	123	1846	3092	1116	70,3	44
Bergflächen							
Jura	364	96	898	262	208	15,4	17
Westliches Mittelland	166	–	237	6,6	135	3,3	2
Zentrales Mittelland	311	–	548	25,0	92	8,3	3
Östliches Mittelland	351	–	351	8,2	250	8,2	1
Nordwestliche Voralpen	351	57	949	1366	836	31,8	43
Nordöstliche Voralpen	367	86	902	1882	914	50,9	37
Wallis	341	51	879	2723	1655	66,4	41
Tessin	287	96	743	980	942	51,6	19
Graubünden	379	63	895	3876	1078	63,4	52

signifikanter Unterschied, dagegen ist die mittlere Artenzahl der Tessiner Talflächen signifikant kleiner als diejenigen des Wallis, Graubündens und der nordöstlichen Voralpen. Die Hypothese, wonach die Zugehörigkeit der Kartierflächen zu bestimmten Naturräumen einen Einfluß auf die Artenzahl hat, konnte bestätigt werden.

Werden die Gesamtartenzahlen miteinander verglichen, so ergeben sich ähnliche Resultate wie bei der Mittelwertanalyse. Das westliche Mittelland weist auf einer Fläche von 3676 km² eine Artenzahl von 1618 Arten auf, das östliche Mittelland bei größerer Gesamtfläche (4203 km²) jedoch wesentlich mehr, nämlich 1761. In den nordwestlichen Voralpen werden 1735 Arten auf 2489 km² verzeichnet, und in den nordöstlichen Voralpen 1773 Arten auf einer etwas größeren Fläche von 2685 km². Die Gesamtartenzahlen des Wallis (1841 Arten) und des Tessin (1823 Arten) sind etwa gleich groß wie diejenige Graubündens (1846 Arten), welches flächenmäßig allerdings etwa um den Faktor 1,5 größer ist. Die artenreichsten Naturräume sind somit die nordöstlichen Voralpen, das Wallis, Graubünden und das Tessin. Werden die großflächigen Naturräume miteinander verglichen, so sind die östlichen Naturräume artenreicher als die westlichen. Die Gründe für die unterschiedliche Artenvielfalt liegen wohl in der unterschiedlichen ökologischen Amplitude, die die verschiedenen Naturräume aufweisen. So sind im artenreichen Naturraum Tessin zentralalpine und insubrische Klimatelemente gleichermaßen enthalten wie unterschiedlichste geologische Verhältnisse.

Bergflächen: Der Vergleich der Mittelwerte hat ergeben, daß die mittlere Artenzahl der Tessiner Bergflächen signifikant niedriger ist als diejenigen aller anderen Naturräume – mit Ausnahme des Mittellandes. Die Differenzen betragen 64 (+19%) bis 92 (+32%) Arten. Der Mittelwert der Bündner Bergflächen ist signifikant höher (um 38 Arten, +11%) als derjenige der Walliser Bergflächen. Die aufgestellte Hypothese konnte bestätigt werden.

Werden wiederum die Gesamtartenzahlen der Naturräume miteinander verglichen, sind nur teilweise ähnliche Resultate wie bei der Mittelwertanalyse festzustellen. Graubünden weist auf 3876 km² etwa die gleiche Gesamtartenzahl (895 Arten) wie die flächenmäßig halb so großen nordöstlichen Voralpen (902 Arten auf 1882 km²) auf. In den nordwestlichen Voralpen ist mit 949 Arten auf einer Fläche von 1366 km² das Artenspektrum am größten. Mit 898 Arten auf nur 262 km² müßte der Jura zweifellos als artenreichste Region angesehen werden. Die Jura-Bergflächen sind jedoch stark von den Arten der Talflächen beeinflusst, ein Vergleich mit den anderen Naturräumen ist daher fragwürdig.

Werden Gesamtartenzahlen pro Naturraum ohne Trennung in Tal- und Bergflächen berechnet, so haben das Tessin (1897 Arten auf 3104 km²), das Wallis (1889 Arten auf 4654 km²), Graubünden (1880 Arten auf 6968 km²) und die nordöstlichen Voralpen (1831 Arten auf 4567 km²) die größte Artenvielfalt. Der Jura enthält demgegenüber auf 4571 km² nur 1665 Arten.

3.1.5 Artenzahl und Bearbeiter bzw. Kartieraufwand

Eine geeignete Darstellung zur Aufdeckung allfälliger Bearbeiterinflüsse auf die beobachteten Artenzahlen ist das Punktediagramm Höherer Streckung/Artenzahl, weil darin eine deutliche Abhängigkeit der Artenzahl bereits berücksichtigt ist. Ausreißerwerte, also alle Punkte außerhalb der dichten Punktwolke, bedürfen einer speziellen Erklärung. In den Diagrammen (Abb. 7 und 8) sind statt Punkten die Nummern der entsprechenden Kartierflächen eingetragen.

Talflächen (Abb. 7): Die fünf höchsten Artenzahlen stammen von Kartierflächen, die H. Seitter bearbeitet hat (St. Galler Rheintal, Nrn. 682, 683, 693, 694, 697). An ungewöhnlich hohen Artenzahlen aus Kartierflächen mit geringer Höhererstreckung sind zu nennen: Neunkirch (Nr. 411, H. Oefelein/K. Isler), Rheinau, Thayingen und Stammheim (Nrn. 407, 413, 434, K. Isler), Uznach (Nr. 441, H. Seitter) und Rorschach (Nr. 455, E. Sulger Büel). Am unteren Rand der Punktewolke sind keine besonderen Ausreißerwerte festzustellen.

Die offensichtlichen Extremwerte belegen die Hypothese, wonach die Artenzahl vom Kartieraufwand und der Felderfahrung des Kartierers abhängt.

Bergflächen (Abb. 8): Im Gegensatz zu den Talflächen sind die Ausreißerwerte in den Bergflächen weniger ausgeprägt. Die vier höchsten Artenzahlen stammen – wie auch bei den Talflächen – von H. Seitter (Sarganser Rheintal und Churfürsten, Nrn. 684, 685, 695, 902). Außerordentlich hohe Artenzahlen weisen die Kartierflächen Faulhorn (Nr. 587, M. Welten), Brusghorn (Nr. 932, R. Sutter) und Chasseron et Mont Aubert (Nr. 117, M.-M. Duckert) auf. Auch in den Bergflächen trifft die aufgestellte Hypothese zu.

Es liegt auf der Hand, daß die Gründlichkeit der Kartierung die Artenzahlen in hohem Maße beeinflußt hat. Anhand von drei Beispielen werden konkrete Gründe genannt:

1. Die von Heinrich Seitter kartierten Flächen weisen besonders hohe Artenzahlen auf. Dies ist darauf zurückzuführen, daß einerseits die von ihm besonders gründlich kartierten Gebiete ohnehin artenreich sind, daß aber andererseits in diesen Gebieten einige Arten angegeben sind, welche schon zur Zeit der Kartierung im betreffenden Gebiet erloschen waren. Zum Teil wurden die Arten aus dem Gedächtnis notiert (P. Güntert, mündl.).
2. Die extrem kleine Artenzahl von 150 Arten in der Kartierfläche Konkordiaplatz (Nr. 718) bei einer Höhererstreckung von 2000 m und einer Fläche von 112 km² ist zum einen darauf zurückzuführen, daß die Fläche zu 90% mit Firn, Eis, Fels und Geröll bedeckt ist. Zum andern ist die Artenzahl nicht größer, weil das Gebiet schlecht zu erreichen war (die einzige Bergfläche, die rundherum von anderen Bergflächen umgeben ist) und aus diesem Grund nur gerade zwei Begehungen von je knapp zwei Stunden stattfanden (Wagner 1980).
3. Die Kartierfläche Ramosch (Nr. 982; 1018 Arten) wurde von vier Botanikern (N. Bischoff, Ch. Heitz, R. Sutter und H. Zoller) kartiert. Es ist anzunehmen, daß in dieser Kartierfläche die meisten der vorhandenen Arten erfaßt wurden. Im Gegensatz dazu gibt es mehrere Kartierflächen, die nicht sehr gründlich oder nur von einer Person kartiert wurden.

Abgesehen von den besonders hohen oder tiefen Artenzahlen ist der Datensatz in dieser Beziehung jedoch einigermaßen einheitlich. Die Artenzahlen pro Kartierfläche dürfen in der Regel miteinander verglichen werden.

3.2 Herbarbelege

Die Informationen über die Herbarbelege stammen von den wichtigsten Herbarien schweizerischer Universitäten und Institute (Welten und Sutter 1982, S. 17). Bei der Auswertung wurde jedoch nur eine Auswahl von 512 stark gefährdeten oder vom Aussterben bedrohten Artensippen (davon 305 Ackerunkräuter und Rudalpflanzen) berücksichtigt. Als Herbarbelege kamen all jene Arten zur Darstellung, welche bei der Kartierung nicht gefunden wurden, von denen für das entsprechende Gebiet aber Herbarbelege vorliegen.

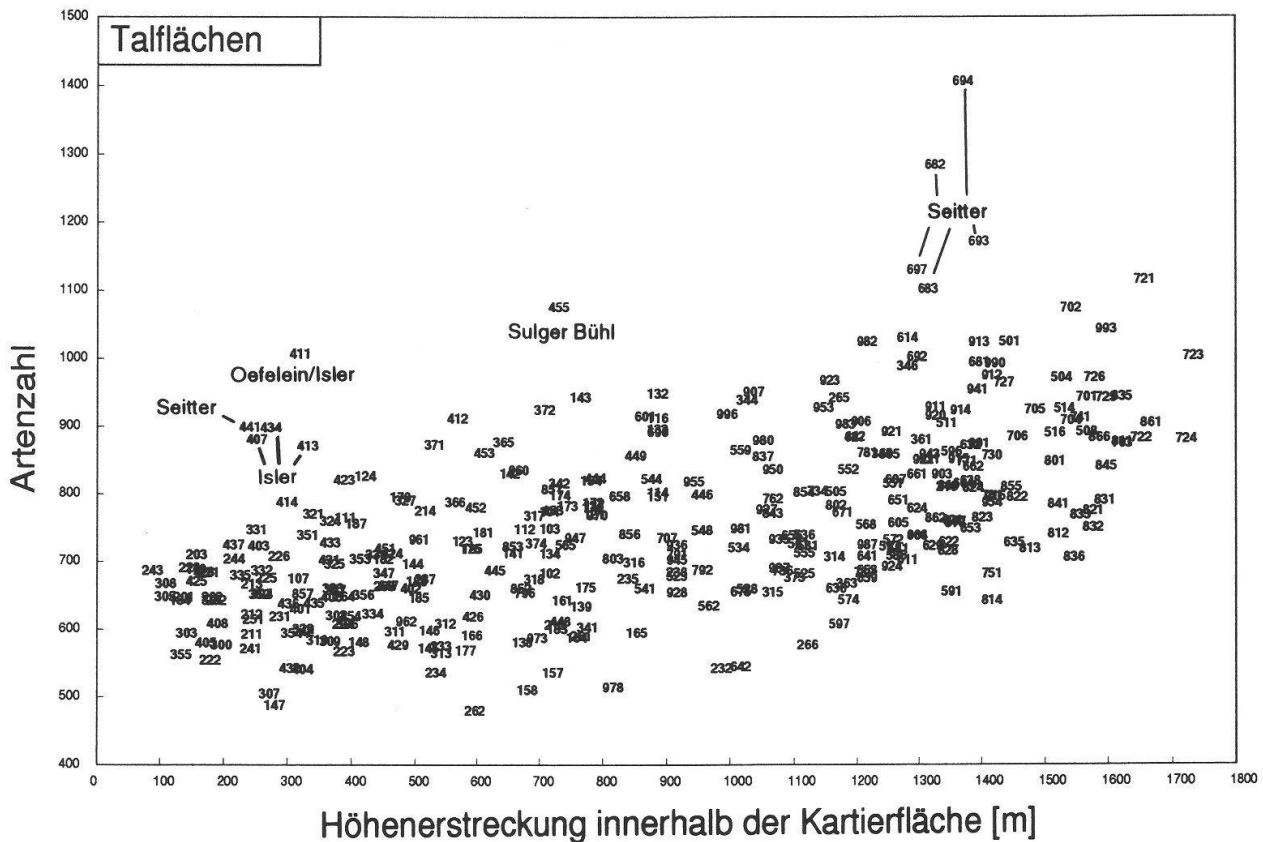


Abb. 7. Artenzahl und Bearbeitung bzw. Kartieraufwand (Talflächen). Im Punktediagramm Höhen-
erstreckung/Artenzahl sind die Positionen der Kartierflächen mit ihren Nummern dargestellt.

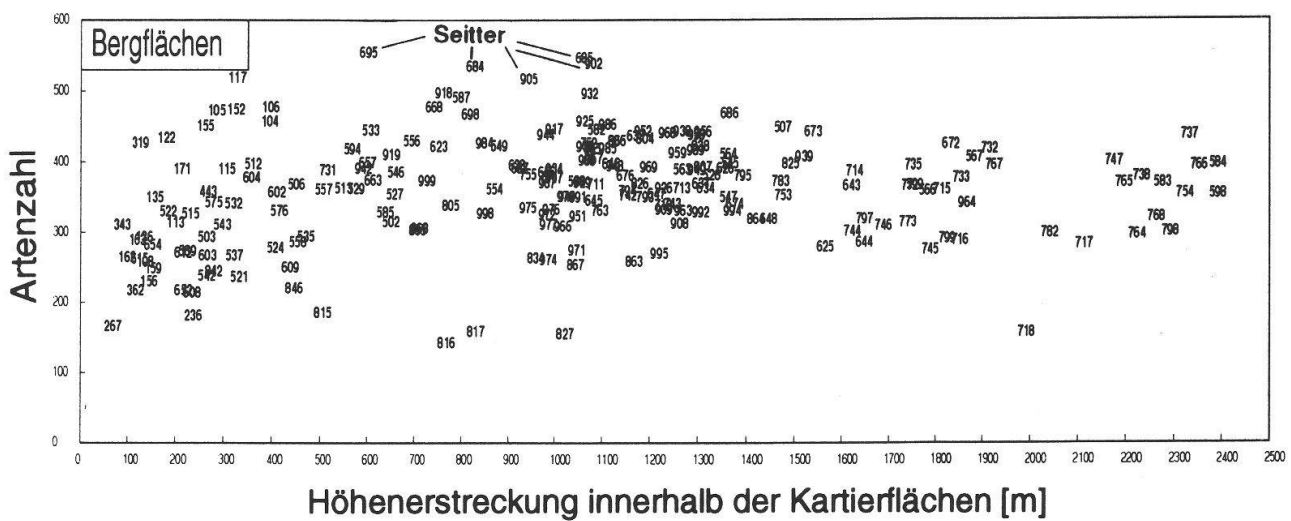


Abb. 8. Artenzahl und Bearbeitung bzw. Kartieraufwand (Bergflächen). Im Punktediagramm Höhen-
erstreckung/Artenzahl sind die Positionen der Kartierflächen mit ihren Nummern dargestellt.

Analog zur Analyse der kartierten Arten wurden für alle Kartierflächen (Seeflächen ausgenommen) die Zahl der für eine Fläche nur aus Herbarbelegen bekannten Arten (kurz: „Herbarartenzahl“) bestimmt und als Kreisflächen in Abb. 9 dargestellt. Die höchsten „Herbarartenzahlen“ stammen aus den Kartierflächen Basel (Nr. 179, 116 Arten), Genf Nord (Nr. 201, 105 Arten), Genf Süd (Nr. 202, 102 Arten), Lausanne (Nr. 214, 109 Arten) und Nyon (Nr. 211, 105 Arten). Es wird deutlich, daß die „Herbarartenzahlen“ mit zunehmender Distanz vom Herbarort abnehmen. Besonders stark tritt dieser Gradient vom Genfer See ausgehend ins Wallis hervor, wo die „Herbarartenzahlen“ um Lausanne hoch sind und ab Sierre stark abnehmen. Dies kann aber auch mit der stärkeren Veränderung der Landschaft im Raum Lausanne – im Vergleich zum Wallis oberhalb Sierre – zusammenhängen. Den Luzerner Kartierflächen fehlen die Herbarbelege zum Teil vollständig. In Richtung Zürich, wo sich die nächsten Herbarien befinden (Universitäts- und ETH-Herbar), nehmen die „Herbarartenzahlen“ dagegen wieder zu. Eine unterschiedliche Landschaftsveränderung im Raum Zürich – im Vergleich zum Raum Luzern – kommt hier als Begründung weniger in Betracht.

Die zu Beginn aufgestellte Hypothese, wonach eine geographische Beziehung der Häufigkeit der Herbarbelege zum nächstliegenden Herbarort besteht, konnte bestätigt werden. Die Herbarien wurden hauptsächlich mit Pflanzenbelegen aus der nächsten

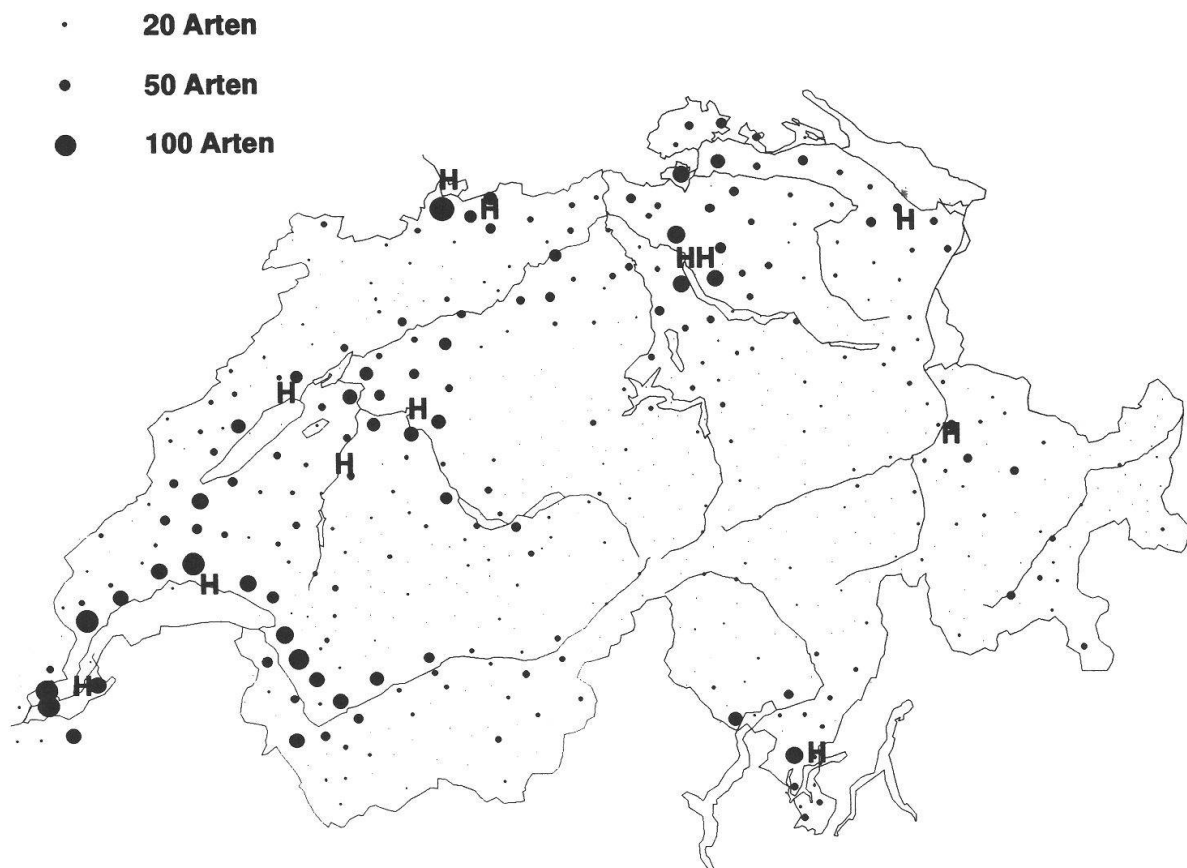


Abb. 9. „Herbarartenzahlen“ (Tal- und Bergflächen). Die Kreisdurchmesser sind proportional zur Anzahl Herbarbelege in den betreffenden Kartierflächen (Arten, welche nur aus Herbarbelegen bekannt sind). Die geographischen Standorte der für die Auswertung berücksichtigten Herbarien sind mit einem fetten H markiert. Hohe Artenzahlen finden sich in der Nähe der Herbarien.

Umgebung gespeist. Da die meisten Herbarorte im intensiv genutzten Mittelland liegen, widerspiegelt sich zudem die Landschaftsveränderung in den höheren „Herbarartenzahlen“ der näheren Herbarumgebung. Dementsprechend fehlen in den – im Gegensatz zu früher – wenig veränderten Bergflächen die Herbarbelege weitgehend.

Trotz den oben erwähnten Tatsachen geben die Verbreitungskarten einen guten Eindruck vom früheren Vorhandensein heute stark bedrohter Pflanzenarten.

3.3 Literaturangaben

Die Auswertung der Literatur basiert auf vorhandenen Floren schweizerischer Regionen, auf Monographien sowie auf den „Fortschritten der Floristik“ (1907–1976) und auf „Materialien zur floristischen Kartierung der Schweiz“ (Höhn und Koch 1927–1957). Als Literaturangaben kamen all jene Arten zur Darstellung, welche in den betreffenden Kartierflächen nicht kartiert wurden und nicht als Herbarbelege vorlagen, aber aus Literaturangaben innerhalb der Kartierfläche lokalisierbar waren.

Analog zur Analyse der kartierten Arten wurden für alle Kartierflächen (Seeflächen ausgenommen) die Zahl der für eine Fläche nur aus der Literatur bekannten Arten (kurz: „Literaturartenzahl“) bestimmt und als Kreisflächen in Abb. 10 dargestellt. Die Areale der verschiedenen Florenwerke wurden mit verschiedenen Schraffuren hervorgehoben.

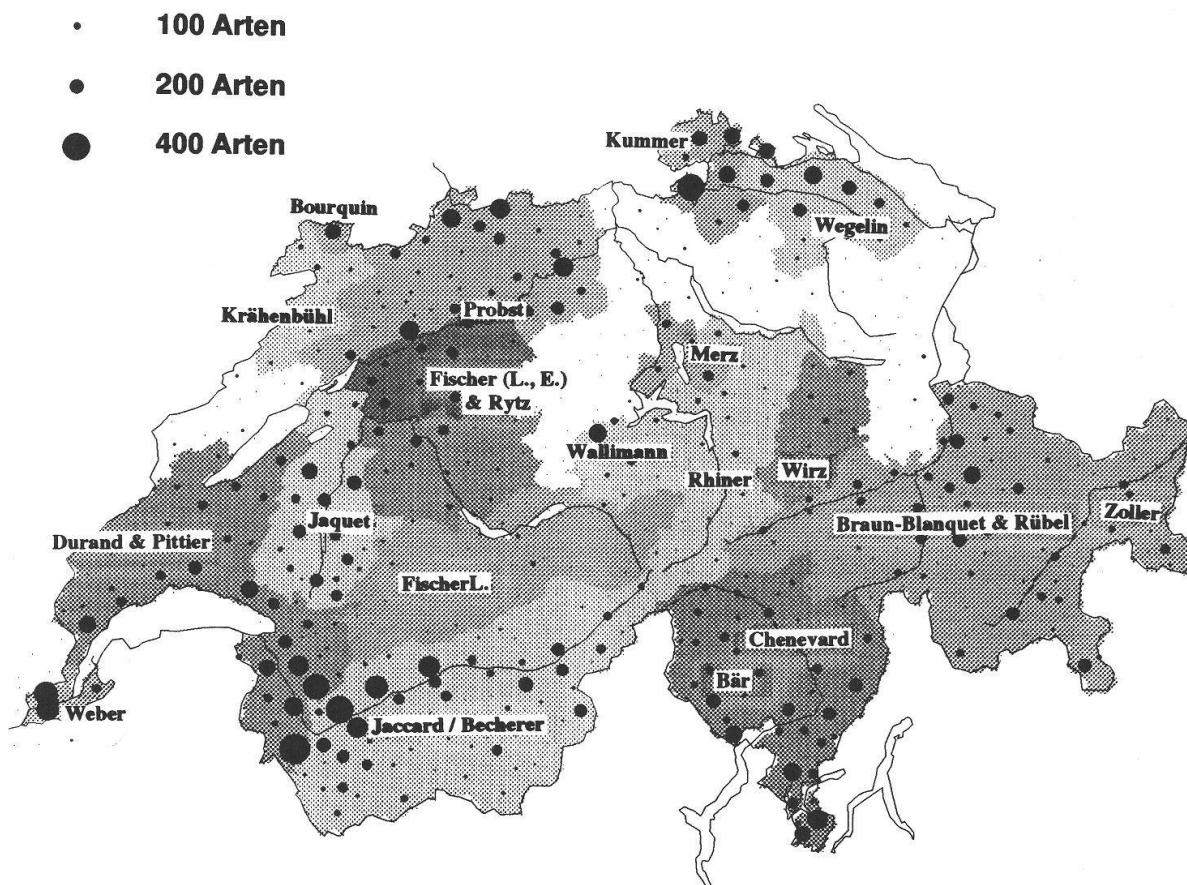


Abb. 10. „Literaturartenzahlen“ (Tal- und Bergflächen). Die Kreisdurchmesser sind proportional zur Anzahl Literaturangaben in den betreffenden Kartierflächen (Arten, welche nur aus der Literatur bekannt sind). Die Areale der für die Auswertung berücksichtigten regionalen Florenwerke sind schraffiert (nach dem Literaturverzeichnis im Verbreitungsatlas, S. 87).

Die höchsten „Literaturartenzahlen“ der Talflächen stammen aus dem Unterwallis (Nr. 508, Salvan: 425 Arten; Nr. 701, Chamosson: 386 Arten; Nr. 516, Nant: 361 Arten) und aus Eglisau (Nr. 405, 379 Arten). Die durchschnittliche „Literaturartenzahl“ pro Kartierfläche beträgt in den Talflächen 86 Arten und in den Bergflächen deren 20. Die höchsten „Literaturartenzahlen“ der Bergflächen stammen von den Flächen Cristallina (Nr. 826: 101 Arten), Pilatus (Nr. 609: 95 Arten), Dents de Morcles (Nr. 711: 95 Arten), Pointes d’Otemma (Nr. 745: 93 Arten), Rosso di Ribbia (Nr. 817: 93 Arten), Piz Languard (Nr. 965: 90 Arten), Grand St. Bernard (Nr. 735: 78 Arten), Le Grammont (Nr. 502: 77 Arten), Arosler Rothorn (Nr. 917: 77 Arten).

Nicht zur Auswertung gelangten die Florenwerke der Kantone Neuenburg (Spinner 1918), Aargau (Lüscher 1918), Luzern (Steiger von Büron 1860), Zürich (Kölliker 1839), St. Gallen (Wartmann und Schlatter 1881) und Appenzell (Fröhlich 1850), da diese wenigstens teilweise für eine detaillierte Auswertung schlecht geeignet waren. Für die genannten Kantone gelangten deshalb nur Angaben aus den „Fortschritten der Floristik“ und den „Materialien zur floristischen Kartierung der Schweiz“ zur Darstellung. Kleine regionale Floren wurden ebenfalls unterschiedlich berücksichtigt. So wurde beispielsweise die regionale Flora von Winterthur (Keller 1891–1896) nicht ausgewertet, die Flore de Porrentruy (Bourquin 1933) dagegen wurde in die Auswertung einbezogen.

Der Grund für die unterschiedlichen „Literaturartenzahlen“ in Gebieten mit verfügbaren Florenwerken liegt zur Hauptsache in der Qualität der Florenwerke. Die Flora von Schaffhausen (Kummer 1937–1942) deckt ein Gebiet von neun Kartierflächen ab. Die genau beschriebenen Fundortangaben bewirken hohe „Literaturartenzahlen“ in den betreffenden Kartierflächen. Im Gegensatz dazu ist die Flora des Berner Oberlandes (Fischer 1875) zu nennen, welche ein Gebiet von 54 Kartierflächen abdeckt. In dieser Arbeit sind die Fundortangaben entsprechend dem ausgedehnten Untersuchungsgebiet allgemeiner gehalten (Ausdrücke wie „verbreitet“, „gemein“ usw.), die genauen Fundstellen sind selten lokalisierbar. Die „Literaturartenzahlen“ der Kartierflächen in diesem Gebiet sind deshalb mit wenigen Ausnahmen klein.

In den Bergflächen mit den höchsten Artenzahlen befinden sich oft markante Ausichtsberge. Die reizvolleren Berggipfel wurden naturwissenschaftlich intensiver beschrieben. Denkbar ist hier als weiterer Grund die durch den Tourismus verursachte, stärkere Belastung dieser Berggipfel, welche zum lokalen Aussterben seltener Alpenpflanzen führen kann. Die hohe „Literaturartenzahl“ in der extrem artenarmen Bergfläche Rosso di Ribbia (Nr. 817: 93 Literaturangaben) ist auf den Einbezug der regional eng begrenzten Flora des Onsernone (Bär 1915) zurückzuführen.

Die Hypothese, wonach die Häufigkeit der Literaturangaben von der Verfügbarkeit eines Florenwerkes für eine bestimmte Region und von seiner Qualität abhängt, konnte bestätigt werden.

Unter der Annahme, daß bei der Kartierung nur 80 bis 90 Prozent aller Arten erfaßt wurden, kann die Information der Literaturangaben zum Teil zur Vervollständigung von Verbreitungsbildern einzelner Arten beitragen. Darüber hinaus ist die Information ein mindestens regional brauchbares Indiz für das Verschwinden von Arten.

Zusammenfassung

An der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) in Birmensdorf (ZH) wurde der Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz (Welten und Sutter 1982) digitalisiert. Durch die flexible Speicherung der Daten

in einer relationalen Datenbank sind beliebige Abfragen und Auswertungen durchführbar.

Mit Hilfe von Artenzahlen pro Kartierfläche wurde die Artenvielfalt und deren Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren untersucht. Es konnte gezeigt werden, daß die Artenzahlen im wesentlichen von den Faktoren Höherer Streckung (Höhenbereich zwischen unterer und oberer Höhenbegrenzung innerhalb einer Kartierfläche), geologischer Untergrund, Naturraum und Bearbeiter bzw. Kartieraufwand abhängen. Besonders artenarme Kartierflächen sind die meisten Tessiner Bergflächen, welche kalkarmes Gestein als geologische Unterlage haben. Den größten Artenreichtum weisen die Naturräume Tessin, Wallis, Graubünden und nordöstliche Voralpen auf. Eine Mittelwertanalyse hat ergeben, daß die mittleren Artenzahlen pro Kartierfläche in den westlichen Landesteilen geringer sind als in den östlichen Landesteilen.

Die Häufigkeit der nur aus Herbarbelegen bekannten Arten hat einen geographischen Zusammenhang mit den nächstliegenden Herbarien, welche in der Auswertung berücksichtigt wurden. Die Häufigkeit der nur aus Literaturangaben bekannten Arten hängt in starkem Maße von der Verfügbarkeit eines Florenwerkes für eine bestimmte Region und von seiner Qualität ab.

Literatur:

- Bourquin J. 1933. Flore de Porrentruy. Delémont. 186 S.
- Fischer L. 1875. Verzeichnis der Gefäßpflanzen des Berner Oberlandes. Mitt. Naturf. Ges. Bern, Bern. 196 S.
- Fortschritte der Floristik 1907–1976. Versch. Herausgeber: Rikli 1907, Schinz & Thellung 1910, Lüdi & Braun-Blanquet 1922, Lüdi 1923, Becherer 1927–1976. – Ber. Schweiz. Bot. Ges. 17–86.
- Fröhlich C. F. 1850. Botanische Spaziergänge im Kanton Appenzell. Beschreibung der dort wildwachsenden Pflanzen in systematischer Ordnung. Trogen. 339 S.
- Höhn W. und Koch W. 1927–1957. Floristische Kartierung der Schweiz. Unveröffentlicht.
- Keller R. 1891–1896. Flora von Winterthur. 2 Bde (185 und 71 S.). Winterthur.
- Kölliker A. 1839. Verzeichnis der phanerogamen Gewächse des Cantons Zürich. Zürich. 154 S.
- Kummer G. 1937–1942. Die Flora des Kantons Schaffhausen mit Berücksichtigung der Grenzgebiete. Mitt. Naturf. Ges. Schaffhausen, 4 Bände. 936 S.
- Lüdi W. 1928. Die Alpenpflanzenkolonien des Napfgebietes und die Geschichte ihrer Entstehung. Mitt. Naturf. Ges. Bern 1927/1928: 195–265.
- Lüscher H. 1918. Flora des Kantons Aargau. Aarau. 217 S.
- Spinner H. 1918. La distribution verticale et horizontale des végétaux vasculaires dans le Jura Neuchâtois. Mém. Univ. Neuchâtel 2. 200 pp.
- Steiger von Büron R. J. 1860. Die Flora des Kantons Luzern, der Rigi und des Pilatus. Luzern. 640 S.
- Wagner G. 1980. Botanischer Streifzug zum Olmenhorn. Ein Beitrag zum Abschluß der Kartierung der Schweizer Flora. Die Alpen 3: 120–126.
- Wartmann B. und Schlatter Th. 1888. Kritische Übersicht über die Gefäßpflanzen der Kantone St. Gallen und Appenzell. Jb. St. Gall. Naturw. Ges. 1881/1888. 568 S.
- Welten M. 1971. Die Kartierung der Schweizer Flora. Boissiera 19: 97–105.
- Welten M. und Sutter R. 1982. Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz. Birkhäuser, Basel. 716 und 698 S.
- Welten M. und Sutter R. 1984. Erste Nachträge und Ergänzungen zu Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz. Bern. 47 S.