© Verlag Alexander Just: Dornbeuern - Salzburg - Brüssel; download unter www.biologiezentrum.at

BEDEUTUNG DER ALMWIRTSCHAFT UND DES BODENZUSTANDES FÜR DIE BIOTOPVIELFALT UND FLORISTISCHE ARTENDIVERSITÄT

Significance of mountain farming and soil conditions for biodiversity and species richness

von

Andreas BOHNER

Schlagwörter: Almweiden, Bergmähder, Zwergstrauchheiden, Hochgraswiesen, Düngung, floristische Artenvielfalt, calcifuge und basiphile Arten, Stoffkomposition der Gebirgsböden, Puffersysteme in Böden.

Key words: alpine pastures, alpine meadows, dwarf shrub heaths, grass fallows, fertilizing, species diversity, calcifuges, calcicoles, mineral composition of mountain soils, buffer systems in soil.

Zusammenfassung: Die Almwirtschaft leistet einen aktiven Beitrag zum Arten- und Biotopschutz, denn die meist artenreichen Wiesen und Weiden unterhalb der natürlichen Waldgrenze können nur durch eine standortgerechte Almbeweidung oder Bergmahd erhalten werden. Durch unterschiedliche Nutzungsarten und -intensitäten entsteht eine attraktive Kulturlandschaft mit einer hohen Biodiversität. Das Auflassen der jahrtausendealten Almwirtschaft führt zu einer floristischen Artenverarmung, zu einer Reduktion der Biotopvielfalt und zu einem Attraktivitätsverlust der Landschaft. Auch eine Nutzungsintensivierung bewirkt eine floristische Artenverarmung; vor allem seltene und geschützte Arten gehen zurück.

Die floristische Artendiversität ist nicht nur eine Funktion der Bewirtschaftungsart und -intensität; auch die Stoffzusammensetzung im Boden ist von Bedeutung. Nährstoffarme Standorte sind nicht a priori artenreiche Standorte. Im Gegenteil, stark versauerte und daher nähr-

stoffarme, sesquioxidreiche, solodierte Gebirgsböden tragen selbst bei guten Lichtverhältnissen und extensiver Bewirtschaftung relativ artenarme Pflanzengesellschaften, weil das disharmonische Stoffangebot im Boden (relativer Alkali- und Sesquioxid-Überschuss sowie komplementärer relativer Erdalkali-Mangel) nur einige wenige spezialisierte Pflanzenarten aushalten; sie gelangen zur Dominanz. Dies entspricht dem ökologischen Grundprinzip, wonach unter extremen Umweltbedingungen die Artenzahlen abnehmen, die Individuenzahlen der verbliebenen Arten allerdings steigen. Nährstoffarme, gut belichtete Standorte sind vor allem dann sehr artenreich, wenn sich die Böden im ökologisch günstigen Silikat-Pufferbereich oder im oberen Teil des Austauscher-Pufferbereichs befinden und keine sonstigen restriktiven Umweltbedingungen vorherrschen. Diese Böden weisen eine relativ ausgewogene Stoffzusammensetzung in der Bodenlösung und am Sorptionskomplex auf, weshalb calcifuge und basiphile Pflanzenarten koexistieren können, wodurch die floristische Artenzahl steigt.

Summary: The influence of the mountain farming on species diversity is investigated. The species diversity not only depends on the kind and intensity of the mountain farming; also the composition of the soil solution is important. Very acid soils are characterized by a relative alkali- and sesquioxid oversupply and by a complementary earthalkali lack. The distinct nutrient and acid stress causes a low species diversity. Calcareous soils are characterized by an absolute and relative Ca oversupply. Only calcicoles are adapted to the extreme soil conditions. Especially the soils in the silicate buffer range are characterized by a harmonic composition of the soil solution; calcifuges and calcicoles can live together. This causes a high species diversity.

1. Einleitung

Auf Grund der derzeitigen Almwirtschaftsförderung in Österreich besteht ein wesentlicher Anreiz, die Almen zu bewirtschaften. Gut erreichbare, leicht zu bewirtschaftende Almen werden zunehmend intensiver, schlecht erreichbare hingegen extensiver oder nicht mehr bewirtschaftet. Diese Entwicklung hat weitreichende Konsequenzen für die Biodiversität und Biotopvielfalt im Alpenraum.

Ziel dieser Arbeit ist es, aufzuzeigen, wie sich eine Almbeweidung, Bergmahd, Almdüngung und Nutzungsaufgabe (Zwergstrauchverheidung, Hochgraswiesenbildung) auf die floristische Artendiversität auswirken. Auch die Bedeutung des Stoffangebotes im Boden für die Florenverteilung und floristische Artenvielfalt in Gebirgs-Ökosystemen wird untersucht.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; Österreichischer Kulturrat für Bauernhöfe - Salzburg - Brüssel; download unter www.biologiezentrum.at

2. Material und Methoden

2.1 Kriterien der Standortswahl

Um die Auswirkungen unterschiedlicher Almbewirtschaftungsmaßnahmen auf die floristische Artendiversität feststellen zu können, müssen bewirtschaftete (gedüngte, beweidete, gemähte) Almflächen mit nicht bewirtschafteten oder andersartig bewirtschafteten Referenzflächen verglichen werden. Die Vergleichsflächen (Aufnahmepaar) dürfen sich nur in der Art und Intensität der Bewirtschaftung unterscheiden; der geomorphologische, lithologische und pedologische Ausgangszustand muss ident sein. Diese Voraussetzung wird am ehesten erreicht, wenn die Vergleichsflächen vertikal oder horizontal aneinandergrenzen.

In diese Untersuchungen wurden nur durchschnittliche, flächenrepräsentative Almflächen einbezogen.

2.2 Vegetationskundliche Methoden

Die Vegetationsaufnahmen erfolgten nach der Methode BRAUN-BLANQUET. Es wurden nur homogene Pflanzenbestände aufgenommen. Die Größe der Aufnahmefläche betrug meist 50 m². Die markierten Aufnahmeflächen wurden mehrmals in der Vegetationsperiode aufgesucht, um eine möglichst vollständige Artenliste zu erhalten.

In dieser Arbeit werden in erster Linie Gesamtartenzahlen und Pflanzengesellschaften auf Assoziationsebene verglichen. Der floristische Artenreichtum (Anzahl der Arten pro Pflanzengesellschaft) ist aber nicht allein wertbestimmend für eine Assoziation; auch überaus artenarme Pflanzengesellschaften können einen sehr hohen ökologischen Wert besitzen. Auf individuelle Artenveränderungen und einzelne Arten kann in dieser Arbeit aus Platzgründen allerdings nicht eingegangen werden. Das gesamte Aufnahmematerial (Artenlisten), genaue Nutzungsangaben, Bodenkennwerte und eine detailliertere Gliederung der einzelnen Pflanzengesellschaften ist in BOHNER (1998) veröffentlicht.

Die Benennung der Pflanzensippen richtet sich nach ADLER et al. (1994). Die Bezeichnung der Pflanzengesellschaften erfolgt meist in Anlehnung an MUCINA et al. (1993) und GRABHERR & MUCINA (1993).

2.3 Bodenkundliche Methoden

In Gebirgsböden entfallen 80 bis 95 % der unterirdischen Phytomasse auf die Tiefenstufe 0–10 cm (BOHNER, 1998). Das Pflanzenwachstum wird

somit im Gebirge noch mehr als im Tal vom pflanzenverfügbaren Wasser- und Stoffangebot des Oberbodens beeinflusst. Nachdem die flachwurzelnden Gebirgspflanzen (KUTSCHERA, 1981) vor allem das Nährstoffangebot im Oberboden nutzen, wurden die Bodenproben einheitlich aus der Tiefenstufe 5-10 cm entnommen.

Bezüglich Labormethoden und methodischer Details wird auf BOHNER 1998 verwiesen. Die Zuordnung der Böden zu Pufferbereiche erfolgt nach ULRICH et al. (1979) und ULRICH (1981, 1991).

3. Ergebnisse

3.1 Bedeutung der Almwirtschaft für die floristische Artendiversität und Biotopvielfalt

3.1.1 Almdüngung

Der Einfluss einer regelmäßigen Almdüngung auf die floristische Artendiversität ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Aufnahmepaare gehören folgenden Pflanzengesellschaften an: SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE versus POA ALPINA-PHLEUM RHAETICUM Gesellschaft (Aufnahmepaar 1), CARLINO-CARICETUM SEMPERVIRENTIS versus CARLINO-CARICETUM SEMPERVIRENTIS-TRISETETUM FLAVESCENTIS Übergangsgesellschaft (Aufnahmepaar 2), SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE versus POA ALPINA-PHLEUM RHAETICUM Gesellschaft (Aufnahmepaar 3), LIGUSTICUM MUTELLINA-DESCHAMPSIA CESPITOSA Gesellschaft versus POA ALPINA-PHLEUM RHAETICUM Gesellschaft (Aufnahmepaar 4), HOMOGYNE ALPINA-NARDETUM versus HOMOGYNE ALPINA-NARDETUM (Aufnahmepaar 5), SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE versus POA ALPINA-PHLEUM RHAETICUM Gesellschaft (Aufnahmepaar 6), SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE versus SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE - RUMICETUM ALPINI Übergangsgesellschaft (Aufnahmepaar 7).

Eine regelmäßige, nicht zu knapp bemessene Düngung führt auch im Almbereich zu einer Verringerung der floristischen Artendiversität, weil einige wenige rasch- und massenwüchsige Fettwiesenpflanzen viele langsam- und niedrigwüchsige, lichtbedürftige Magerwiesenpflanzen durch Beschattung verdrängen. Die Artenreduktion ist allerdings geringer als im Talbereich, weil der Massen- und Höhenwuchs mit steigender Seehöhe abnimmt, weshalb sich lichtbedürftige Magerwiesenpflanzen bei Aufdüngung besser halten können (vgl. LICHTENEGGER et al., 1985). Nachdem unter den derzeitigen sozioökonomischen Rahmenbedingungen bestenfalls die hüt-

tennahen Bereiche (Almanger) regelmäßig gedüngt werden, besteht für die floristische Artenvielfalt im Gebirge durch Almdüngung keine wirkliche Gefahr. Im Gegenteil, die Lägerfluren, Berg-Fettwiesen und Alpen-Fettweiden im Hüttenbereich erhöhen die Biotopvielfalt und Biodiversität.

Durch Almdüngung kann die floristische Artendiversität auch etwas ansteigen. Beim vierten Aufnahmepaar beispielsweise handelt es sich um einen mäßig wechselfeuchten Standort. In der ungedüngten, extensiv bewirtschafteten Weide (LIGUSTICUM MUTELLINA-DESCHAMPSIA CESPITOSA Gesellschaft) verdrängt die Rasenschmiele *(Deschampsia cespitosa)* durch üppigen Bültenwuchs viele Pflanzenarten. In der unmittelbar angrenzenden gedüngten Mähwiese (POA ALPINA-PHLEUM RHAETICUM Gesellschaft Subassoziation von *Deschampsia cespitosa)* wird durch regelmäßige einschürige Mähnutzung eine artenverdrängende Bültenbildung der Rasenschmiele verhindert; daher und wegen der düngerbedingten Koexistenz von Mager- und Fettwiesenpflanzen ist die schwach gedüngte Mähwiese floristisch etwas artenreicher als die ungedüngte Extensivweide. Vor allem auf stark versauerten, nährstoffarmen Gebirgsböden bewirkt eine unregelmäßige, schwache Düngung mit gut verrottetem Stallmist in der Regel sogar eine geringfügige Erhöhung der floristischen Artenvielfalt, weil durch die Stoffzufuhr (insbesondere Ca- und P-Anreicherung im Boden; siehe BOHNER, 1998) Mager- und Fettwiesenpflanzen koexistieren können; vor allem Leguminosen *(Trifolium pratense, Trifolium repens), Poa alpina* und *Phleum rhaeticum* kommen auf. Beim siebenten Aufnahmepaar ist die gedüngte Mähwiese (SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE - RUMICETUM ALPINI Übergangsgesellschaft) derzeit floristisch noch etwas artenreicher als die schwach gedüngte Weide (SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE), weil sich der Pflanzenbestand durch Mistüberdüngung in einer Übergangssituation befindet; Elemente des Bürstlingsrasens vermischen sich mit Arten der Wirtschaftswiesen und der Alpen-Ampferfluren. Bei anhaltender Mistüberdüngung breitet sich allerdings vor allem der Alpen-Ampfer *(Rumex alpinus)* weiter aus, wodurch allmählich eine relativ artenarme Alpen-Ampferflur *(Rumicetum alpini)* entsteht.

3.1.2 Almbeweidung und Bergmahd

Der Einfluss einer Almbeweidung und Bergmahd auf die floristische Artendiversität ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Aufnahmepaare gehören folgenden Pflanzengesellschaften an: ALCHEMILLO-CYNOSURETUM versus ALCHEMILLO-ARRHENATHERETUM (Aufnahmepaar 1), CREPIDO-CYNOSURETUM versus TRISETETUM FLAVESCENTIS (Aufnahmepaar 2); HYPOCHOERIDO UNIFLORAE-FESTUCETUM PANICULATAE - CRE-

PIDO-FESTUCETUM COMMUTATAE Übergangsgesellschaft versus HYPOCHOERIDO UNIFLORAE-FESTUCETUM PANICULATAE (Aufnahmepaar 3), SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE versus SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE (Aufnahmepaar 4), CAMPANULO SCHEUCHZERI-FESTUCETUM NORICAE - CREPIDO-FESTUCETUM COMMUTATAE Übergangsgesellschaft versus CAMPANULO SCHEUCHZERI-FESTUCETUM NORICAE (Aufnahmepaar 5), SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE versus SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE (Aufnahmepaar 6), SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE versus SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE (Aufnahmepaar 7).

Eine intensive Beweidung (Aufnahmepaar 1 und 2) führt auch im Almbereich zu einer Verringerung der floristischen Artendiversität, weil weideempfindliche Arten verschwinden, während an ihre Stelle nur einige wenige neue Arten treten. Meistens setzen sich einige wenige bereits im Pflanzenbestand vorhandene Arten (Untergräser, Rosetten- und Ausläuferpflanzen) wegen des Ausfalls weideempfindlicher Konkurrenten (Obergräser, erektophile Kräuter, Zwergsträucher) stärker durch.

Ungedüngte, regelmäßig - aber nicht zu intensiv - bestoßene Almweiden (Aufnahmepaar 6 und 7) sind im allgemeinen etwas artenreicher als ungedüngte, halbschürige Mähwiesen (Bergmähder). Von trittbedingten offenen Bodenstellen profitieren Lückenbüßer und Therophyten; an Kot-Geilstellen kommen Nährstoffzeiger auf. Die regelmäßige Beweidung hält die oberirdische Phytomasse niedrig; lichtbedürftige, niedrigwüchsige Arten werden dadurch begünstigt. Die größere Standortsheterogenität auf den ungedüngten Almweiden bewirkt durch die Koexistenz vieler verschiedener Pflanzenarten eine vergleichsweise höhere floristische Artenvielfalt (vgl. GIGON, 1981). Hochschaftarten, höherwüchsige Gräser sowie erektophile Kräuter und Zwergsträucher werden hingegen durch regelmäßige Almbeweidung etwas benachteiligt. Die Almweiden weisen allerdings einen geringeren Blühaspekt auf als die buntblühenden Bergmähder; sie erscheinen daher ohne genaue floristische Untersuchung artenärmer (vgl. LICHTENEGGER, 1988).

3.1.3 Zwergstrauchverheidung

Der Einfluss einer Zwergstrauchverheidung auf die floristische Artendiversität ist in Abbildung 3 dargestellt. Die Aufnahmepaare gehören folgenden Pflanzengesellschaften an: SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE versus JUNIPERO ALPINAE-CALLUNETUM (Aufnahmepaar 1), SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE versus EMPETRO-VACCINIETUM GAULTHERIOIDIS - JUNIPERO ALPINAE-CALLUNETUM Übergangsgesell-

schaft (Aufnahmepaar 2), CREPIDO-FESTUCETUM COMMUTATAE - SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE Übergangsgesellschaft versus JUNIPERO ALPINAE-CALLUNETUM (Aufnahmepaar 3). Das dritte Aufnahmepaar ist durch eine relativ hohe floristische Artenvielfalt gekennzeichnet; auf Grund einer reliefbedingten Stoffzufuhr durch Hangzugwasser können neben zahlreichen acidophilen Pflanzenspecies auch einige anspruchsvollere Arten existieren.

Wenn die regelmäßige Almbewirtschaftung aufhört und sich Zwergsträucher ausbreiten, dann geht die floristische Artenvielfalt zurück. Je dichter und höher die Zwergsträucher aufwachsen, desto stärker werden lichtbedürftige, niedrigwüchsige Arten durch Beschattung verdrängt. Zwergstrauchheiden entstehen im Kristallin bevorzugt auf sauren, nährstoffarmen (insb. N-armen), frischen bis nivigen-krumenwechselfeuchten Gebirgsböden. Zwergstrauchheiden entwickeln sich auch auf flachgründigen Kalkstandorten. Zwergstrauchheiden bilden im Almbereich eine relativ stabile Dauergesellschaft. Es kommt zu charakteristischen Zustandsänderungen im Boden. Der Humusgehalt nimmt im Oberboden auf Grund der größeren Bestandesabfälle und wegen des gehemmten Abbaues zu (BOHNER, 1998). Mit der Humusanreicherung ist eine Erhöhung der Wasserspeicherkapazität des Bodens verbunden. Auf Grund der Anlieferung schwer abbaubarer, stickstoffarmer Bestandesabfälle und wegen der geringeren Mineralisierungsrate infolge niedrigerer Bodentemperatur erweitert sich das C/N_{tot}-Verhältnis im Oberboden; es reichert sich somit relativ stickstoffarmer Humus an. Beim Abbau der Zwergstrauch-Streu werden verstärkt organische Säuren gebildet. Die organischen Säuren bewirken eine Bodenversauerung und Nährstoffinaktivierung. Durch Protolyse und metallorganische Komplexbildung werden potentiell phytotoxisches Aluminium und Schwermetalle (MIK, MEBS) mobilisiert (Abbildung 4, Tabelle 1).

3.1.4 Hochgraswiesenbildung

Der Einfluss einer Hochgraswiesenbildung auf die floristische Artendiversität ist in Abbildung 5 dargestellt. Die Aufnahmepaare gehören folgenden Pflanzengesellschaften an: CAMPANULO SCHEUCHZERI-FESTUCETUM NORICAE versus CAMPANULO SCHEUCHZERI-FESTUCETUM NORICAE (Aufnahmepaar 1), SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE versus SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE (Aufnahmepaar 2), CREPIDO-FESTUCETUM COMMUTATAE - SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE Übergangsgesellschaft versus LASERPITIUM LATIFOLIUM-CHAEROPHYLLUM VILLARSII Gesellschaft (Aufnahmepaar 3), SIEVERSIO-

NARDETUM STRICTAE versus SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE - CAMPANULO SCHEUCHZERI-CALAMAGROSTIETUM VILLOSAE Übergangsgesellschaft (Aufnahmepaar 4), SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE versus CHAEROPHYLLO VILLARSII-AGROSTIETUM SCHRADERIANAE (Aufnahmepaar 5).

Wenn die regelmäßige Almbewirtschaftung aufhört und es zu einer Hochgraswiesenbildung kommt, dann geht die floristische Artenvielfalt zurück. Viele lichtbedürftige, niedrigwüchsige Arten werden in erster Linie von einigen wenigen höherwüchsigen Gräsern, in geringerem Ausmaß auch von einigen wenigen Hochstauden, durch Beschattung zurückgedrängt. Hochgraswiesen entstehen bevorzugt auf tiefgründigen, frischen bis nivigen-krumenwechselfeuchten, N-reicheren Böden in wenig windausgesetzten Lagen. Hochgraswiesen bilden eine relativ stabile Dauergesellschaft, weil sie meist in Lawinenbahnen vorkommen. Eine Hochgraswiesenbildung begünstigt die Entstehung von Blaiken und führt zu charakteristischen bodenchemischen Zustandsänderungen. Der Boden reichert sich wegen des geschlossenen Nährstoffkreislaufes in erster Linie mit Stickstoff an. Dadurch wird die „Vergrasung„ weiter begünstigt. Eine Anreicherung von Nitrat (NO_3) ist nur auf frischen Gebirgsstandorten möglich. Auf stark krumenwechselfeuchten Standorten ist die Nitrifikation gehemmt; es akkumulieren vor allem organischer Stickstoff (N_{org}) und Ammonium (NH_4) (Tabelle 2 und 3).

3.1.5 Beweidung von Dauer- und Klimaxgesellschaften

Der Einfluss einer Almbeweidung auf die floristische Artendiversität von Dauer- und Klimaxgesellschaften ist in Abbildung 6 dargestellt. Die Aufnahmepaare gehören folgenden Pflanzengesellschaften an: CARICETUM FIRMAE - SESLERIO-CARICETUM SEMPERVIRENTIS Übergangsgesellschaft versus SESLERIO-CARICETUM SEMPERVIRENTIS (Aufnahmepaar 1), HYPOCHOERIDO UNIFLORAE-FESTUCETUM PANICULATAE versus HYPOCHOERIDO UNIFLORAE-FESTUCETUM PANICULATAE (Aufnahmepaar 2), LOISELEURIO-CETRARIETUM - SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE Übergangsgesellschaft versus LOISELEURIO-CETRARIETUM - SIEVERSIO-NARDETUM STRICTAE Übergangsgesellschaft (Aufnahmepaar 3), PULSATILLO ALBAE-FESTUCETUM VARIAE versus PULSATILLO ALBAE-FESTUCETUM VARIAE (Aufnahmepaar 4), CAMPANULO SCHEUCHZERI-FESTUCETUM NORICAE versus CAMPANULO SCHEUCHZERI-FESTUCETUM NORICAE (Aufnahmepaar 5), LOISELEURIO-CARICETUM CURVULAE versus LOISELEURIO-CARICETUM CURVULAE (Aufnahmepaar 6).

Eine relativ intensive Beweidung führt auch im Hochalmbereich zu einer Verringerung der floristischen Artendiversität. Bei intensiver Beweidung kann sich auf Rendsinen und Pseudorendsinen in der subalpinen und unteren alpinen Stufe u.a. die Polstersegge *(Carex firma)* gegenüber dem Blaugras *(Sesleria albicans)* auf Grund der besseren Lichtverhältnisse stärker durchsetzen (Aufnahmepaar 1). Eine relativ intensive Beweidung führt auch zu morphologischen Abänderungen bei einigen Gebirgs-Pflanzenarten; sie weisen einen vergleichsweise niedrigeren, gedrungeneren Wuchs auf. Diese Modifikation ist eine Anpassung an die kontinuierliche Störung.

Oberhalb der natürlichen Waldgrenze, im Bereich der alpinen Rasen, unterscheiden sich standortsgemäß beweidete und nicht bewirtschaftete Flächen floristisch kaum. Die Vegetation wird in dieser Höhenstufe durch eine standortsgemäße Beweidung bestenfalls modifiziert (vgl. SPATZ, 1999); Weidezeiger, wie beispielsweise Alpen-Rispengras *(Poa alpina)*, können an Kot-Geilstellen in die Urrasen einwandern, wodurch die floristische Artenvielfalt geringfügig steigt (Aufnahmepaar 6). Nur an Sonderstandorten (z.B. Lägerstellen) sind deutliche Vegetationsveränderungen festzustellen. In Dauer- und Klimaxgesellschaften führt die Aufgabe der Almbewirtschaftung zu keiner artenverarmenden sekundären Sukzession hin zu Zwergstrauchheiden oder Hochgraswiesen.

3.2 Bodenzustand, Florenverteilung und floristische Artendiversität

3.2.1 Der Stoffzustand der Gebirgsböden in Abhängigkeit vom pH-Wert

Auf Kalk- und Silikat-Standorten wachsen unterschiedliche Pflanzenarten. Die einzelnen Pflanzengesellschaften unterscheiden sich nicht nur in ihrer floristischen Zusammensetzung, sondern auch in ihrer floristischen Artendiversität (Anzahl der Arten pro Gesellschaft). Dies ist - neben vielen anderen Faktoren - auch ein Phänomen des Boden-pH-Wertes und all jener Stoffzustände und Stoffumsetzungen, die für bestimmte pH-Bereiche spezifisch sind. Dazu vorweg einige bodenkundliche Erläuterungen (BOHNER, 1997; 1998; 1999):

Säuren werden im Boden ständig produziert: beim Abbau der Bestandesabfälle werden vor allem Kohlensäure, Salpetersäure, Schwefelsäure und organische Säuren gebildet. Außerdem werden den Böden mit dem Niederschlag Säuren zugeführt. Die Böden puffern diese Säuren über verschiedene Puffermechanismen ab. In Carbonat-haltigen Böden puffern vor allem Bicarbonate der Bodenlösung und Erdalkalicarbonate der Boden-Festphase, die sich dabei auflösen. Deswegen dominiert auf Kalk-Böden im Carbonat-Pufferbereich (pH $CaCl_2$ > 6,2) Ca^{2+} am Sorptionskomplex und in der Bo-

denlösung; Al-Ionen treten in der Bodenlösung in messbaren Konzentrationen nicht oder nur in Form von Al-organischen Komplexen auf. Carbonatfreie, humusreiche, ausreichend mit mineralischen Alkali- und Erdalkali-Basen abgesättigte Böden puffern Säureimpulse in erster Linie durch Ca-Desorption und Protonenbindung ab. In stark sauren Böden (insbesondere Böden im Al-Pufferbereich: pH $CaCl_2$: < 4,2) werden Protonen vor allem durch Auflösung von anorganischen Al-Verbindungen abgepuffert; durch Protonierung wird außerdem komplexiertes Al von der organischen Boden-Festphase freigesetzt. Auf Grund dieser Pufferreaktionen wird potentiell phytotoxisches Al mobilisiert. Al-Ionen werden am Sorptionskomplex selektiv vor allem auf Kosten von Ca^{2+} gebunden. Auf Grund dieser unterschiedlichen Puffersysteme und Pufferreaktionen sinkt in humusreichen Oberböden mit zunehmender Bodenversauerung die Ca-Sättigung (Ca-Anteil an den mineralischen Alkali- und Erdalkalibasen plus Sesquioxiden), während die Al- und Sesquioxid-Sättigung steigen; die Mg-Sättigung bleibt von den Pufferreaktionen weitgehend unbeeinflusst (Abbildungen 7, 8, 9, 10). Wegen der bevorzugten Ca-Desorption nimmt mit sinkendem pH-Wert die Alkali-Sättigung leicht zu (Abbildung 11); diese sog. Solodierung ist ein wesentliches Merkmal saurer Böden (vgl. SOLAR 1972). Stark versauerte Gebirgsböden weisen aus diesem Grund einen relativen Alkali- und Sesquioxid-Überschuss sowie einen komplementären relativen Erdalkali-Mangel auf; dieses Phänomen ist um so deutlicher ausgeprägt, je stärker der Boden versauert ist. Kalkböden im Carbonat-Pufferbereich weisen demgegenüber einen absoluten und relativen Ca^{2+}-Überschuß auf. Die Böden im Silikat-Pufferbereich (pH $CaCl_2$: 6,2-5,0) und jene, die sich im oberen Teil des Austauscher-Pufferbereichs (Austauscher-Pufferbereich: pH $CaCl_2$: 5,0-4,2) befinden, sind im allgemeinen durch eine harmonische Stoffzusammensetzung in der Bodenlösung und am Sorptionskomplex charakterisiert (BOHNER, 1998).

3.2.2 Bedeutung des Stoffangebotes im Boden für die Florenverteilung

Wie die Abbildungen 12 und 13 zeigen, bestehen zwischen der Ca- bzw. Al-Sättigung im Boden und der floristischen Zusammensetzung des Pflanzenbestandes relativ gute exponentielle Regressionen. Mit sinkender Ca-Sättigung steigt der prozentuelle Anteil der calcifugen Pflanzenarten an der Gesamtartenzahl eines homogenen Pflanzenbestandes. Mit steigender Al-Sättigung nimmt der prozentuelle Anteil der calcifugen Pflanzenarten ebenfalls zu.

Auf stark versauerten, sesquioxidreichen, solodierten Gebirgsböden dominieren calcifuge Pflanzenarten, weil sie mit der unausgewogenen Stoffzusammensetzung im Boden (relativer Alkali- und Sesquioxid-Überschuß

sowie komplementärer relativer Erdalkali-Mangel) am besten zurecht kommen. Basiphile und anspruchsvolle Pflanzenarten (z.B. Leguminosen) können in erster Linie wegen der gehemmten Mg- und Ca-Aufnahme nicht gut gedeihen; sie fehlen deshalb auf Böden im Al/Fe-Pufferbereich (pH $CaCl_2$: < 4,2). Die calcifugen Pflanzenarten dürften einen relativ geringen Ca- und Mg-Bedarf und/oder ein sehr selektives Aufnahmevermögen für Ca und Mg besitzen. Außerdem tolerieren sie einen ausgeprägten Nährstoff- und Säure-Stress in der Bodenlösung. Auf Kalkböden im Carbonat-Pufferbereich (pH $CaCl_2$: > 6,2) dominieren basiphile Pflanzenarten, weil sie die unausgewogene Stoffzusammensetzung im Boden (absoluter und relativer Ca^{2+}-Überschuß) und die daraus resultierende starke individuelle Stoffdiskriminierung aushalten (vgl. GIGON, 1971; 1983).

Basiphile Pflanzenarten sind auf Carbonat- und Silikat-gepufferten Böden besonders konkurrenzstark; sie verlieren auf Böden im Austauscher-Pufferbereich an Konkurrenzkraft und verschwinden auf Al/Fe-gepufferten Böden aus der Pflanzengesellschaft. Calcifuge Pflanzenarten sind demgegenüber auf Al/Fe-gepufferten Böden besonders konkurrenzstark; sie verlieren auf Böden im Austauscher- und Silikat-Pufferbereich an Konkurrenzkraft und verschwinden auf Carbonat-gepufferten Böden aus der Pflanzengesellschaft. Der Florenwechsel findet im Silikat- und Austauscher-Pufferbereich statt.

Neben streng calcifugen und basiphilen Pflanzenarten gibt es auch Arten, die einen intermediären Bereich (Böden im Silikat- und Austauscher-Pufferbereich) bevorzugen. Dazu zählen beispielsweise Goldschwingel *(Festuca paniculata)* oder Violettschwingel *(Festuca norica)*. Innerhalb einer Art können auch edaphische Ökotypen auftreten. Die Horst-Segge *(Carex sempervirens)* beispielsweise kommt sowohl auf Carbonat- als auch auf Al/Fe-gepufferten Böden vor.

Leguminosen mit N_2-Fixierung senken den pH-Wert in der Rhizosphäre wegen des Kationenüberschusses ab (MENGEL & STEFFENS, 1982; HAYNES & LUDECKE, 1981). Sie können daher auf Kalkböden im Carbonat-Pufferbereich Phosphate und schwer verfügbare Mikro-Nährstoffe mobilisieren. Auf stark versauerten, sesquioxidreichen, solodierten Böden hingegen wird die Ca- und Mg-Aufnahme der Leguminosen vor allem durch relative Mn- und Zn-Überschüsse erschwert (BOHNER, 1998; 1999); bei einem Mn-Überschuss im Boden ist auch die Nodulation gehemmt (BAUMEISTER & ERNST, 1978; MARSCHNER, 1998). Daher sind Kalk-Magerrasen von Natur aus Leguminosen-reich und Silikat-Magerrasen je nach Stoffkomposition im Boden Leguminosen-arm oder -frei (vgl. BOHNER, 2000).

3.2.3 Bedeutung des Stoffangebotes im Boden für die floristische Artenvielfalt

In Abbildung 14 sind die Artenzahlen homogener Pflanzenbestände getrennt für einzelne pH-Pufferbereiche dargestellt. Die Pflanzenbestände auf Böden im Silikat-Pufferbereich weisen im Durchschnitt die höchsten Artenzahlen auf. Die Böden im Silikat-Pufferbereich sind im allgemeinen durch eine optimale (ausgewogene) Stoffzusammensetzung in der Bodenlösung und am Sorptionskomplex charakterisiert; es bestehen keine Stoffdisharmonien, wie es für Kalk-Böden im Carbonat-Pufferbereich (absoluter und relativer Ca-Überschuss) und Böden im Al/Fe-Pufferbereich (relativer Alkali- und Sesquioxidüberschuss) der Fall ist. Auf Grund der relativ ausgewogenen Stoffzusammensetzung im Boden können calcifuge und basiphile Pflanzenarten koexistieren, wodurch die Zahl der Arten pro homogener Aufnahmefläche beträchtlich ansteigt. Die Violettschwingelwiesen (CAMPANULO SCHEUCHZERI-FESTUCETUM NORICAE) und Goldschwingelwiesen (HYPOCHOERIDO UNIFLORAE-FESTUCETUM PANICULATAE) in den Hohen Tauern beispielsweise kommen auf Böden im Silikat- und Austauscher-Pufferbereich bei südexponierter, sommerwarmer Hanglage vor. Sie zählen - auf Grund der Koexistenz calcifuger und basiphiler Pflanzenarten - zu den artenreichsten Pflanzengesellschaften Mitteleuropas.

Die Pflanzenbestände auf Böden im Al/Fe-Pufferbereich weisen im Durchschnitt die niedrigsten Artenzahlen auf. Das unausgewogene Stoffangebot im Boden (relativer Alkali- und Sesquioxidüberschuss sowie komplementärer relativer Erdalkalimangel) stellt einen enormen Nährstoff- und Säure-Stress für die Pflanzenwurzeln dar, den nur ausgesprochen calcifuge Arten tolerieren. Je stärker der relative Alkali- und Sesquioxid-Überschuss und der komplementäre relative Erdalkali-Mangel im Boden ausgebildet ist, desto stärker gelangen sie zur Dominanz und desto geringer wird die floristische Artenvielfalt. Vor allem eine niedrige Ca-Sättigung (< 40 %) ist im allgemeinen mit einer relativ geringen floristischen Artendiversität verbunden (Abbildung 15). Die Bürstlingsrasen beispielsweise sind auf stark versauerten, sesquioxidreichen, solodierten Böden relativ artenarm, und der Bürstling *(Nardus stricta)* dominiert. Bei geringer werdendem relativen Alkali- und Sesquioxid-Überschuss bzw. steigender Ca-Sättigung verliert *Nardus stricta* seine Dominanz, und die floristische Artendiversität steigt.

In Abbildung 16 sind die Artenzahlen homogener Pflanzenbestände in Abhängigkeit vom Stoffangebot des Bodens dargestellt. Deutlich kommt die relativ niedrige Artenzahl jener Pflanzenbestände zum Vorschein, die auf Böden mit einem relativen Alkali- und Al-Überschuss wachsen. Die Pflan-

zenbestände auf Böden mit einem ausgewogenen Stoffverhältnis weisen die höchsten Artenzahlen auf, weil calcifuge und basiphile Pflanzenarten koexistieren können. Bei einem relativen Ca-Überschuß im Boden geht die floristische Artenzahl wieder leicht zurück, weil calcifuge Pflanzenarten aus der Pflanzenvergesellschaftung verschwinden.

Dank

Ich danke der Nationalparkverwaltung Kärnten für die großzügige finanzielle Unterstützung. Bedanken möchte ich mich an dieser Stelle auch bei Herrn Univ. Prof. DI Dr. Erwin LICHTENEGGER und bei Herrn Univ. Prof. DI Dr. Franz SOLAR. B. MAROLD und Ch. POPPELBAUM haben in bewährter Weise sämtliche EDV-Arbeiten durchgeführt, wofür ich mich herzlich bedanke.

4. Literatur

ADLER, W., OSWALD, K. & R. FISCHER (1994): Exkursionsflora von Österreich. - Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart und Wien, 1180pp.

BAUMEISTER, W. & W. ERNST (1978): Mineralstoffe und Pflanzenwachstum. - Gustav Fischer Verlag, 416pp.

BOHNER, A. (1997): Almwirtschaft und Bodenschutz Fallbeispiel *Calluna vulgaris* Verheidung. Bericht über die 2. Pflanzensoziologische Tagung „Pflanzengesellschaften im Alpenraum und ihre Bedeutung für die Bewirtschaftung„, BAL Gumpenstein, 2.-3. September 1997: 103-107

BOHNER, A. (1998): Almwirtschaft und Gebirgs-Ökosysteme. - Diss. BOKU Wien, 169 und 215pp.

BOHNER, A. (1999): Soziologie und Ökologie der Weiden – von der Tallage bis in den alpinen Bereich. - 5. Alpenländisches Expertenforum, 18.–19. März 1999 BAL Gumpenstein: 31–39.

BOHNER, A. (2000): Boden, Standortsbonität und Einfluss der N-Düngung auf den Mineralstoffgehalt des Futters ein Beitrag zum interdisziplinären Forschungsprojekt „Einfluss der Grünlandbewirtschaftung auf die Milchproduktion" 27 Viehwirtschaftliche Fachtagung, 6.-8. Juni 2000 BAL Gumpenstein: 89-97

GIGON, A. (1971): Vergleich alpiner Rasen auf Silikat- und auf Karbonatboden. - Veröffentlichungen des Geobot. Institutes der ETH, Stiftung Rübel, 48. Heft, 159pp.

GIGON, A. (1981): Koexistenz von Pflanzenarten, dargelegt am Beispiel alpiner Rasen. - Verh. der Gesellschaft für Ökologie **9**: 165-172.

GIGON, A. (1983): Welches ist der wichtigste Standortsfaktor für die floristischen Unterschiede zwischen benachbarten Pflanzengesellschaften? - Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie **11**: 145-160.

GRABHERR, G. & L. MUCINA (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II. - Gustav Fischer Verlag, Jena, 523pp.

HAYNES, R.J. & T.E. LUDECKE (1981): Yield, root morphology and chemical composition of two pasture legumes as affected by lime and phosphorus applications to an acid soil. - Plant and Soil **62**: 241-254.

KUTSCHERA, L. (1981): Tiefe der Bodendurchwurzelung in Abhängigkeit von Klima und Boden. - 3. SH der Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges. Führer zur Exkursion durch das Glocknergebiet und die Karnische Alpen in Kärnten vom 23.-26. September 1981: 45-52.

LICHTENEGGER, H., KUTSCHERA L., LICHTENEGGER E. & H. KÖHLER (1985): Grünland-Gesellschaften aus dem Gebiet von Kals in Osttirol als Ausdruck von Standort und Wirtschaft. - Veröffentlichungen des Österr. MaB-Programms. Beiträge zu der Wechselbeziehung zwischen Hochgebirgsökosystemen und dem Menschen. Band **9**: 247-281.

LICHTENEGGER, E. (1988): Einfluß der Almdüngung auf den Pflanzenbestand. - Der Alm- und Bergbauer **38**: 204–218.

MARSCHNER, H. (1998): Mineral nutrition of higher plants. - Academic Press, 889pp.

MENGEL, K. & D. STEFFENS (1982): Beziehung zwischen Kationen/Anionen-Aufnahme von Rotklee und Protonenabscheidung der Wurzeln. ZS Pflanzenernährung, Bodenkunde **145**: 229-236.

MUCINA, L., GRABHERR, G. & T. ELLMAUER (Hrsg.), (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil 1. - Gustav Fischer Verlag, Jena, 578pp.

SOLAR, F. (1972): Die Böden des Raumes Großglockner - Zell am See. - Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges. **16**: 93-106.

SPATZ, G. (1999): Almwirtschaft Ökosysteme im labilen Gleichgewicht. GR **51**: 241-247

ULRICH, B. (1981): Ökologische Gruppierung von Böden nach ihrem chemischen Bodenzustand. - Zeitschrift Pflanzenernährung, Bodenkunde **144**: 289–305.

ULRICH, B. (1991): An ecosystem approach to soil acidification. - ULRICH, B. & M.E. SUMNER (eds.): Soil acidity. - Springer Verlag, 224pp.

ULRICH, B., MAYER, R. & P.K. KHANNA (1979): Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in Waldökosystemen im Solling.

© Verlag Alexander Just: Dorfbeuern - Salzburg - Brüssel; download unter www.biologiezentrum.at
Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt **58**, 286pp.

Adresse:
Dr. Andreas BOHNER
Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein
Altirdning 11
A-8952 Irdning
E-Mail: bal.gump@computerhaus.net

© Verlag Alexander Just: Dorfbeuern - Salzburg - Brüssel; download unter www.biologiezentrum.at

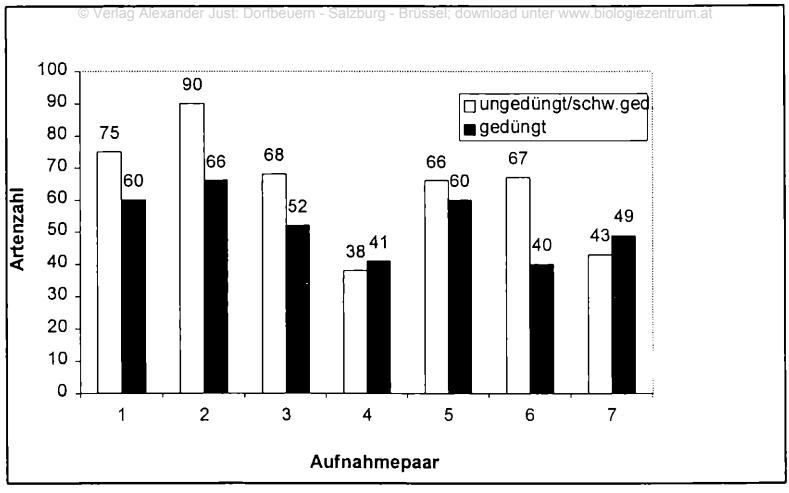


Abb. 1: Einfluss der Almdüngung auf die floristische Artendiversität.

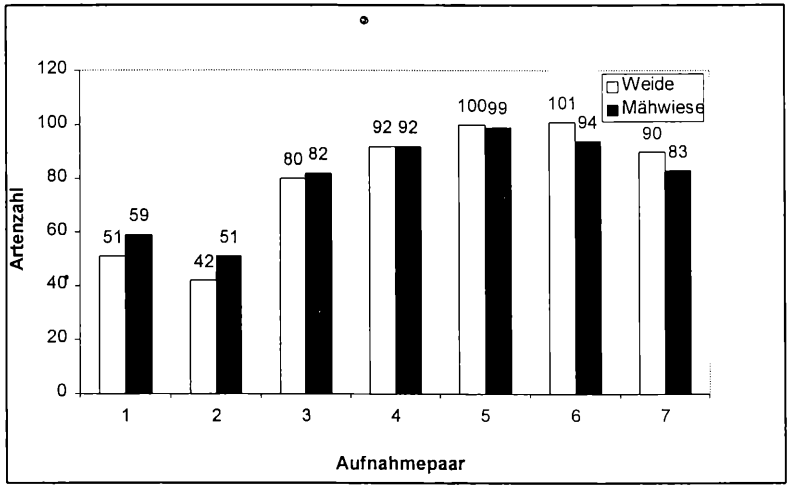


Abb. 2: Einfluss der Almbeweidung und Bergmahd auf die floristische Artendiversität.

© Verlag Alexander Just: Dorfbeuern - Salzburg - Brüssel; download unter www.biologiezentrum.at

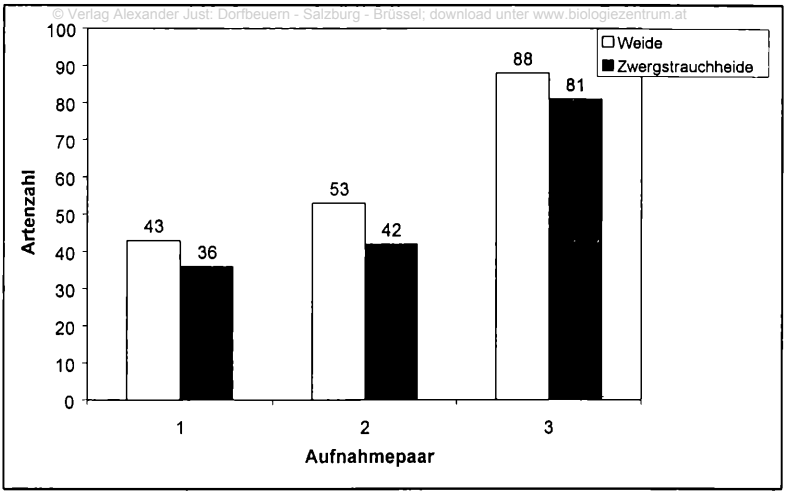


Abb. 3: Einfluss der Zwergstrauchverheidung auf die floristische Artendiversität.

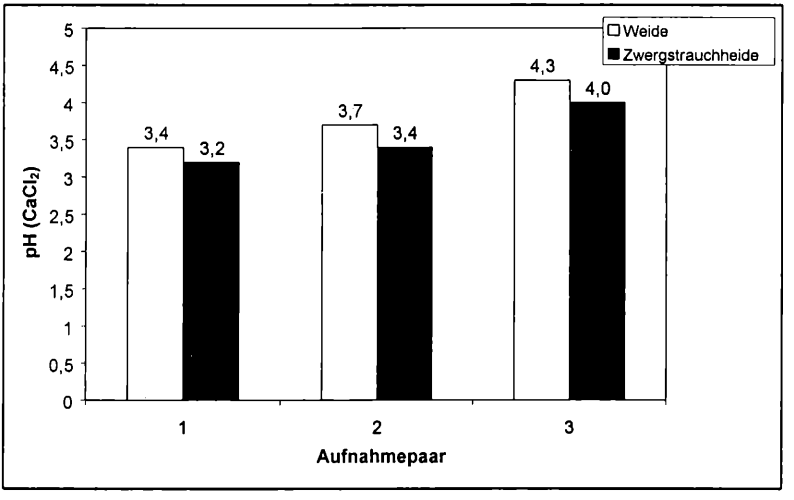


Abb. 4: Einfluss der Zwergstrauchverheidung auf die potentielle Boden-Azidität.

© Verlag Alexander Just: Dorfbeuern - Salzburg - Brüssel; download unter www.biologiezentrum.at

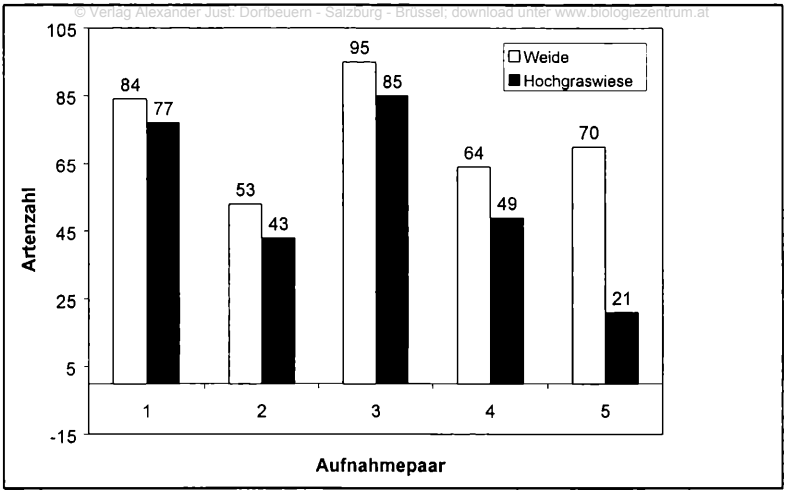


Abb. 5: Einfluss der Hochgraswiesenbildung auf die floristische Artendiversität.

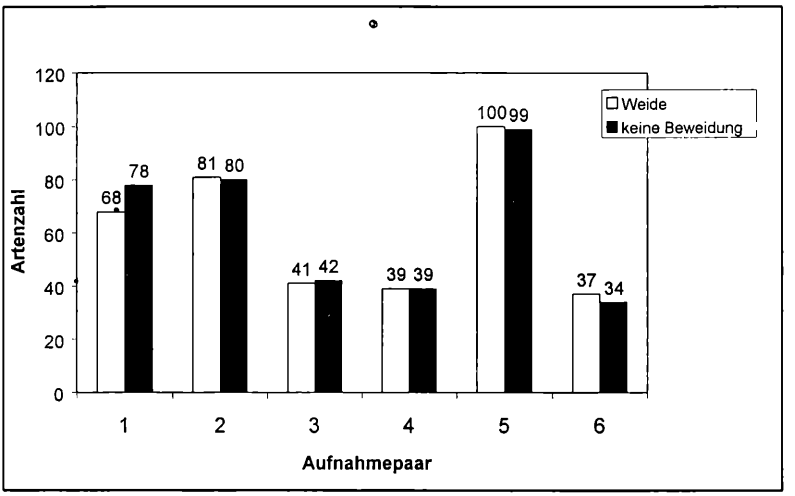


Abb. 6: Einfluss der Almbeweidung auf die floristische Artendiversität von Dauer- und Klimaxgesellschaften.

© Verlag Alexander Just: Dorfbeuern - Salzburg - Brüssel; download unter www.biologiezentrum.at

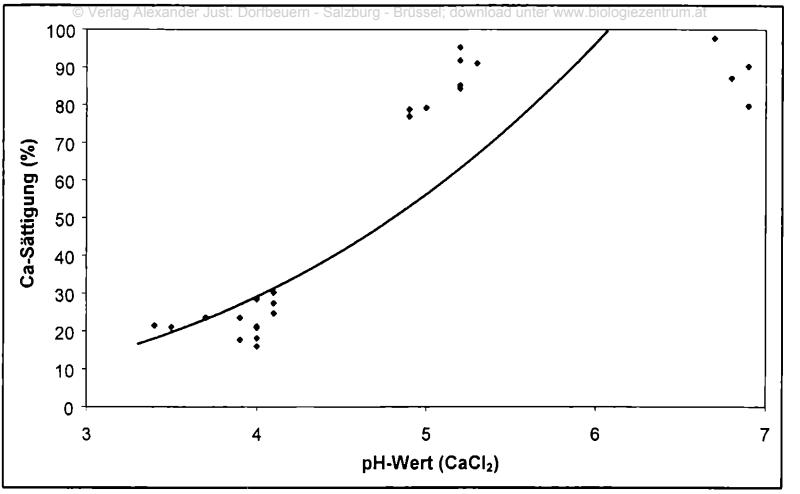


Abb. 7: Beziehung zwischen dem pH-Wert ($CaCl_2$) und der Ca-Sättigung (Ca in % von Σ Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, Mn; $BaCl_2$-Auszug), r^2=0,6; n=40.

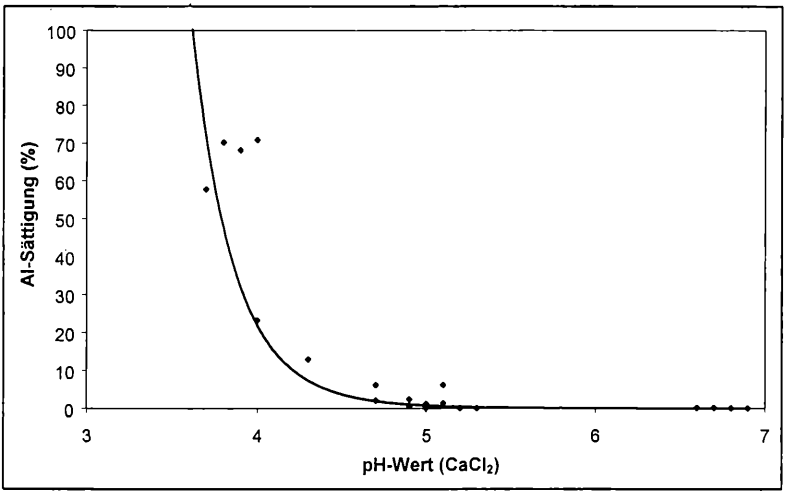


Abb. 8: Beziehung zwischen dem pH-Wert ($CaCl_2$) und der Al-Sättigung (Al in % von Σ Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, Mn; $BaCl_2$-Auszug), r^2=0,7; n=40.

© Verlag Alexander Just: Dorfbeuern - Salzburg - Brüssel; download unter www.biologiezentrum.at

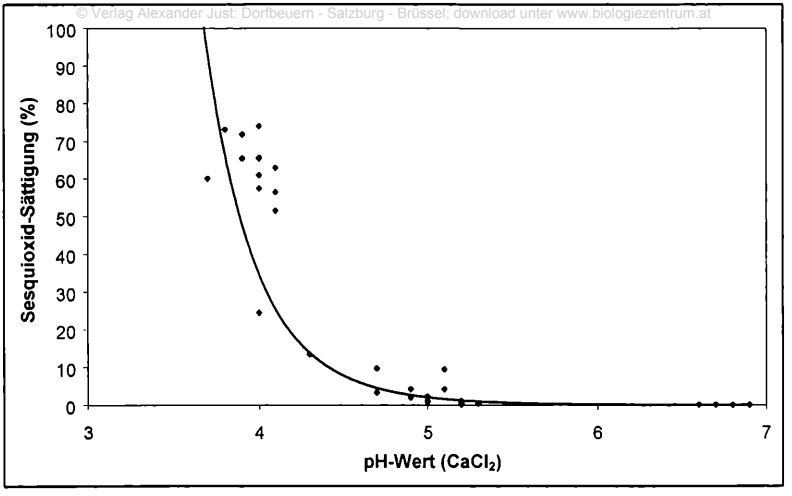


Abb. 9: Beziehung zwischen dem pH-Wert ($CaCl_2$) und der Sesquioxid-Sättigung (Al + Fe + Mn in % von Σ Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, Mn; $BaCl_2$-Auszug), r^2=0,9; n=40.

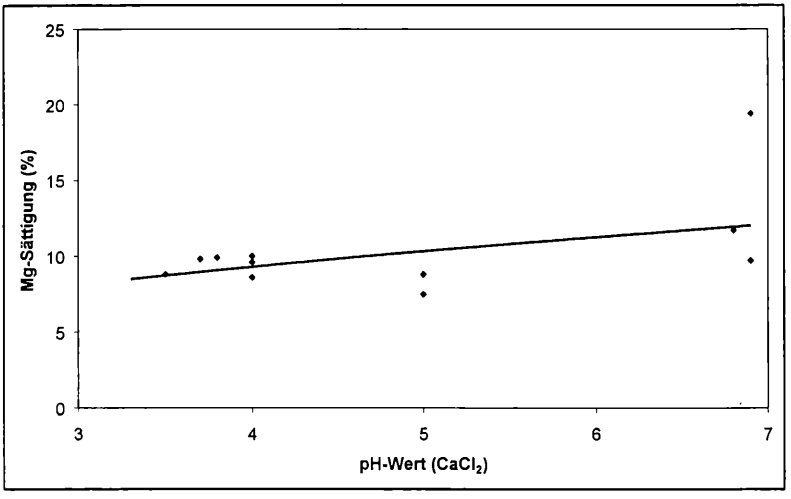


Abb. 10: Beziehung zwischen dem pH-Wert ($CaCl_2$) und der Mg-Sättigung (Mg in % von Σ Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, Mn; $BaCl_2$-Auszug), r^2=0,0; n=40.

© Verlag Alexander Just: Dorfbeuern - Salzburg - Brüssel; download unter www.biologiezentrum.at

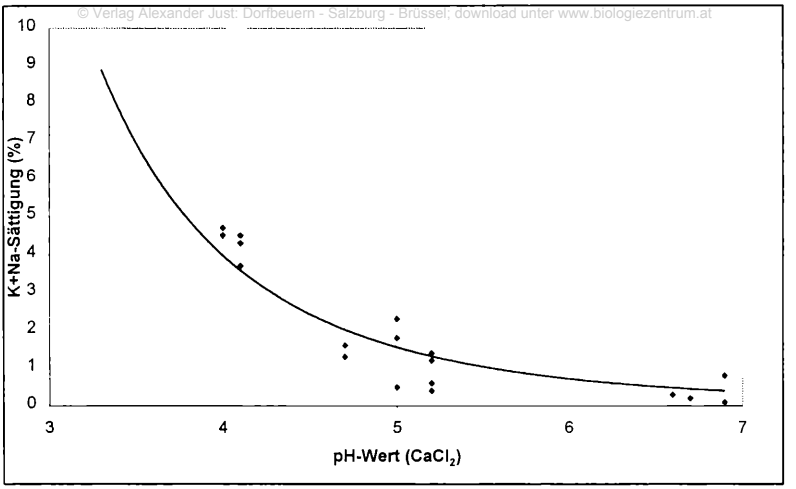


Abb. 11: Beziehung zwischen dem pH-Wert ($CaCl_2$) und der Alkali-Sättigung (K + Na in % von $\sum$ Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, Mn; $BaCl_2$-Auszug); r^2=0,6; n=40.

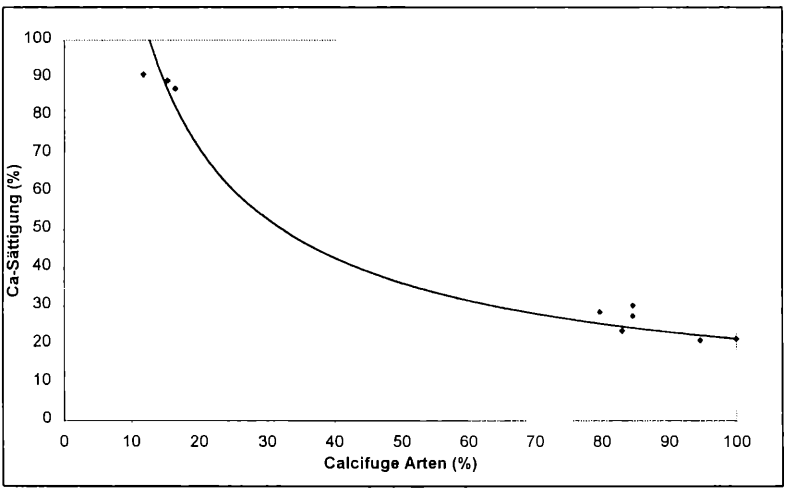


Abb. 12: Beziehung zwischen der Ca-Sättigung im Boden und dem %-Anteil calcifuger Pflanzenarten an der Gesamtartenzahl eines homogenen Pflanzenbestandes; r^2=0,6; n=40.

© Verlag Alexander Just, Dornbeuern - Salzburg - Brüssel, download unter www.biologiezentrum.at

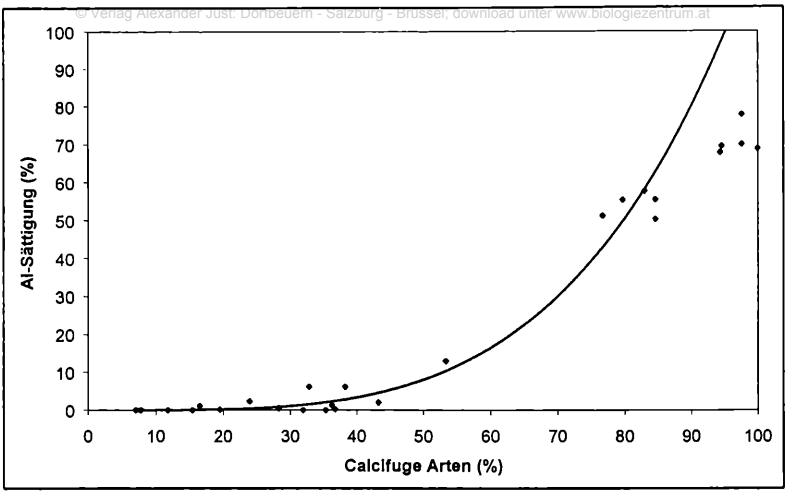


Abb. 13: Beziehung zwischen der Al-Sättigung im Boden und dem %-Anteil calcifuger Pflanzenarten an der Gesamtartenzahl eines homogenen Pflanzenbestandes; r^2=0,8; n=40.

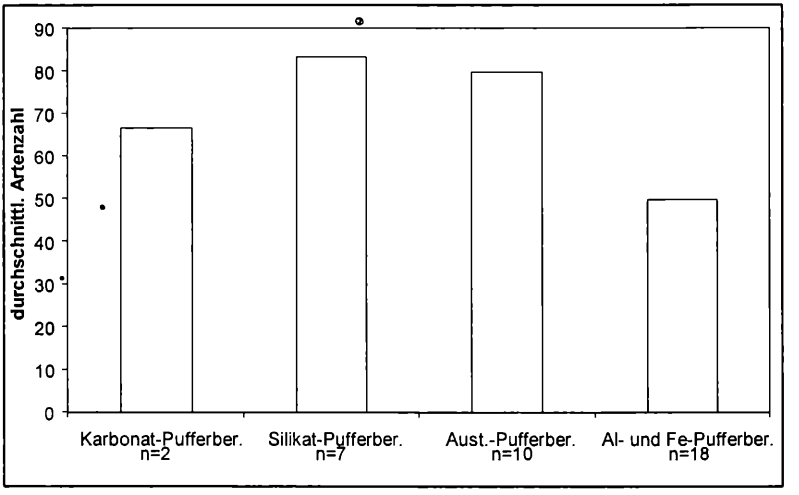


Abb. 14: Floristische Artenzahl und pH-Pufferbereiche (pH $CaCl_2$).

© Verlag Alexander Just: Dorfbeuern - Salzburg - Brüssel; download unter www.biologiezentrum.at

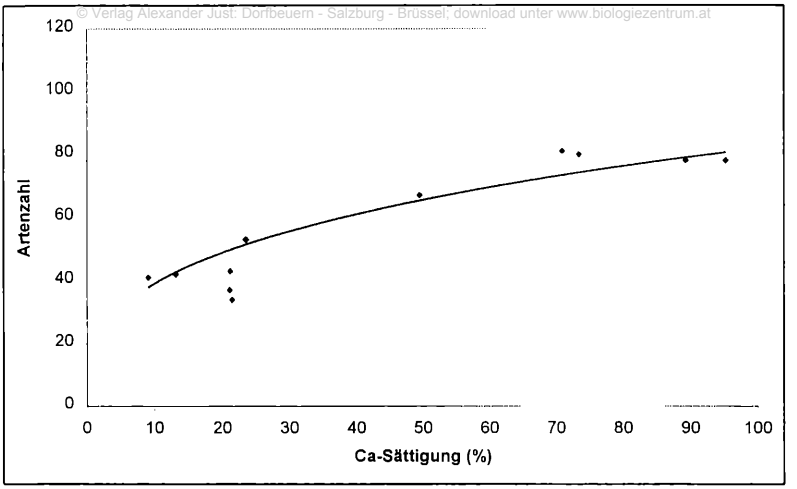


Abb. 15: Beziehung zwischen Ca-Sättigung und floristischer Artenzahl, r^2=0,5; n=31.

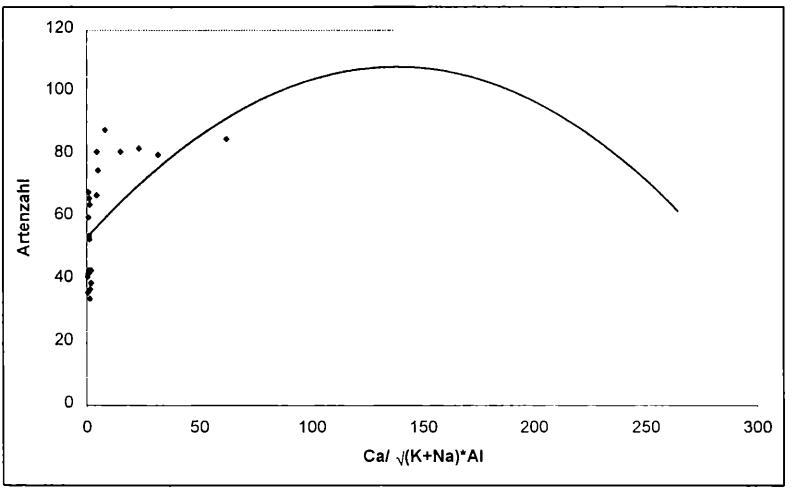


Abb. 16: Stoffangebot im Boden und floristische Artenzahl, r^2=0,4; n=31.

Tab. 1: Einfluss der Zwergstrauchverheidung auf ausgewählte bodenchemische Kennwerte der Bodensättigungslösung, Quelle: BOHNER (1998).

	%	Wasser			SNK	µS/cm	mmol/l	mg/l	Hu.stab.	µmol/l				molare Quotienten			
	C	Gew. %	C/N_{tot}	pH	mval/l	EL	J	C	%	MAK	MIK	MEBS	Σ	MAK/MIK	MAK/MEBS	MIK/MEBS	Ca/Al
Weide	11,1	262	12,24	6,38	38,2	333	2,57	40	0,10	2605	5,4	9,3	2620	483	280	0,6	31,0
Zwsth	11,5	273	14,96	6,29	35,8	130	1,03	68	0,16	754	4,8	13,0	772	157	58	0,4	17,4

Zwsth=Zwergstrauchheide
MAK=Σ NO_3, NH_4, P, S, Ca, Mg, K, Na, Si, Cl
MIK=Σ Fe, Mn, Zn, Cu, Co, B, Mo, Cr
MEBS=Σ Al, As, Cd, Ni, Pb, V
EL=Elektrische Leitfähigkeit; J=Ionenstärke
Hu.stab.=Humusstabilität
SNK=Säureneutralisationskapazität
Wasser=Wasserspeicherkapazität (Fließgrenze)

Tab. 2: Einfluss einer Hochgraswiesenbildung auf ausgewählte bodenchemische Kennwerte der wasserlöslichen Fraktion auf frischem Standort, Quelle: BOHNER (1998).

	%		µS/cm	mmol/100g	µval/100g	µmol/100g			
	C	pH	EL	J	NO_3	MAK	MIK	MEBS	Summe
Weide	9,8	6,07	18	0,87	7	536	28,7	55,3	620
Hgw	8,7	6,04	23	1,03	207	935	27,2	55,4	1018

Hgw=Hochgraswiese
MAK=Σ NO_3, NH_4, P, S, Ca, Mg, K, Na, Si, Cl
MIK=Σ Fe, Mn, Zn, Cu, Co, B, Mo, Cr
MEBS=Σ Al, As, Cd, Ni, Pb, V
EL=Elektrische Leitfähigkeit; J=Ionenstärke

Tab. 3: Einfluss einer Hochgraswiesenbildung auf ausgewählte bodenchemische Kennwerte auf nivigen-krumenwechselfeuchtem Standort, Quelle: BOHNER (1998).

	%	%		mg N_{org}/100 g		mg NO_3/100 g		NH_4-Sättigung (%)	
	C	N_{tot}	C/N_{tot}	F-Fr.	A-Fr.	F-Fr.	A-Fr.	F-Fr.	A´-Fr.
Weide	10,6	0,75	14,18	0,46	47,99	0,0	0,1	12,8	15,5
Hgw	9,3	0,83	11,23	0,59	115,01	0,0	0,1	14,1	28,1

Hgw=Hochgraswiese
F-Fr.=Bodensättigungslösung
A-Fr.=LiCl-austauschbare Fraktion
A´-Fr.=LiCl-austauschbare Fraktion minus wasserlösliche Fraktion

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sauteria-Schriftenreihe f. systematische Botanik, Floristik u. Geobotanik

Jahr/Year: 2001

Band/Volume: 11

Autor(en)/Author(s): Bohner Andreas

Artikel/Article: Bedeutung der Almwirtschaft und des Bodenzustandes für die Biotopvielfalt und floristische Artendiversität 27-50