

Zur postglazialen Arealerweiterung von *Selaginella helvetica* (L.) Spring in den nördlichen Alpen und deren Vorland

JOHANN BAUER

Zusammenfassung: *Selaginella helvetica* (L.) Spring ist eine in den Alpen weit verbreitete Sippe und strahlt vor allem an Flüssen ins nördliche Alpenvorland hinaus. Eine Überdauerung des Würm-Hochglazials in diesem Gebiet ist unwahrscheinlich. Es wird gezeigt, durch welche Mechanismen, in welchem zeitlichen Rahmen und auf welchen Wegen eine Rückwanderung von eiszeitlichen Refugien denkbar ist. Bei der Ausdehnung des Areals spielen neben geographischen Gegebenheiten ökologische und anthropogene Faktoren eine entscheidende Rolle. Beispielhaft wird die Ausbreitung vom Inntal bis zur Wertach-Lech-Ebene, im Zusammenhang mit geologischen Vorgängen im Spät- und Postglazial, genauer behandelt. Die Chancen für den Erhalt der jetzigen Bestände werden erörtert.

Summary: *Selaginella helvetica* (L.) Spring is a taxon that is wide-spread in the Alps and can also be found in the northern Alpine foothills, above all, along river banks. It is improbable that it survived the last glaciation period in that region. The mechanisms, the time frame and the paths of a potential return migration from glacial refugia are identified. Apart from geographical conditions, ecological and anthropogenic factors play a decisive role with regard to the extension of the area. The spreading from the inner alpine Inn Valley (Tyrol, Austria) up to the Wertach-Lech-Plain (Bavaria, Germany) is more precisely dealt with by the way of example in connection with geological processes and the development of the vegetation in the late-glacial and post-glacial periods. The chances of preserving the current population are discussed as well.

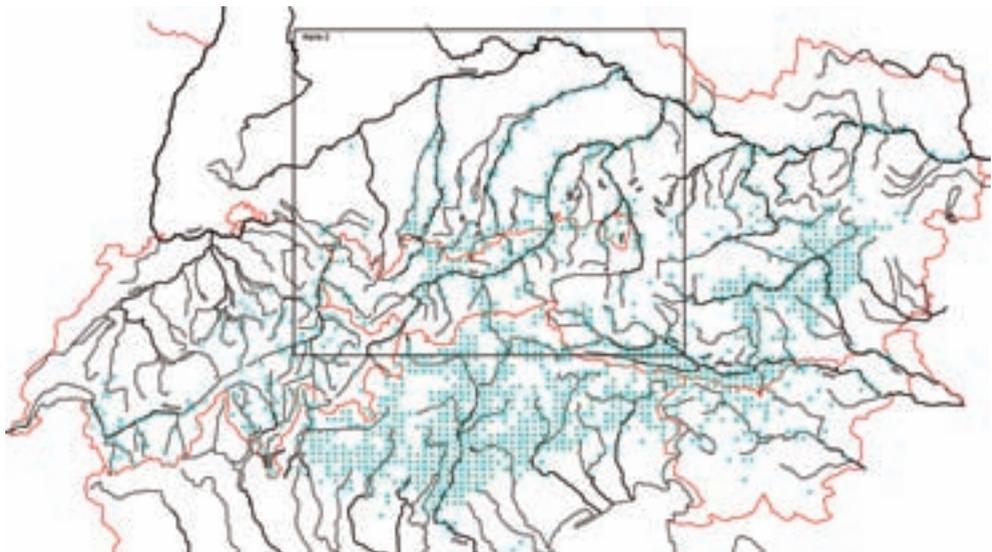
1. Verbreitung

Selaginella helvetica (L.) Spring ist eine eurasiatische Gebirgspflanze, die in den Alpen, den Pyrenäen, den Karpaten, der Tatra, auf dem Balkan, in der Nord-Türkei, im Kaukasus, in Nordost-China (Mandschurei, Amurgebiet), auf den Kurilen und in Japan vorkommt (MEUSEL 1965, HEGI 1984). In Deutschland werden außerhalb der Alpen Funde im Thüringer Wald (MTB 5128, 5330 und 5332, ohne Nachweis nach 1950) und Erzgebirge (MTB 5244, mit Nachweis nach 1950) angegeben (FLORAWEB 2006). Ein Vorkommen im Fichtelgebirge (MTB 5937, auf einem Granitfelsen zwischen Schneeberg und Rudolfstein) existiert nicht mehr und ist vielleicht auf Ansalbung zurückzuführen (HERTEL 2005). Innerhalb der Alpen und deren Vorland ist der Schweizer Moosfarn in Frankreich, der Schweiz, in Liechtenstein, Deutschland und Österreich

Anschrift des Autors: Johann Bauer, Goethestr. 39, D-87616 Marktberdorf,
E-Mail: johann.bauer.mod@gmail.com

sowie in Italien und Slowenien vertreten. Karte 1 zeigt einen Überblick der Verbreitung in den Alpen und deren Vorland vom Genfer See ostwärts. Im betrachteten Gebiet besiedelt *Selaginella helvetica* das Rhonetal mit einigen Seitentälern, in gleicher Weise das Rheingebiet bis zum Bodensee, die Umgebung des Vierwaldstätter Sees, östlich davon den Bereich zwischen Reuss und Linth (vorwiegend durch ältere Literaturangaben belegt) und im Tessin die Täler zum Lago Maggiore. In Italien ist dieser Moosfarn in allen Alpen-Provinzen verbreitet (AESCHIMANN 2004). Am Inn ist er vom Ursprung bis zur Mündung und in vielen seiner alpinen Seitentäler zu finden. Im mittleren nördlichen Alpenvorland wächst die Art im Wertach-, Lech-, Isar-, Loisach-, Mangfall- und Alz-Gebiet. Nach Osten zu kommt sie an der Salzach und deren Einzugsgebiet (Saalach, Tauerntäler) vor. Spärlicher sind Funde im Salzkammergut, häufiger in den Flusssystemen von Enns, Mur und Drau und im nördlichen Teil von Slowenien. Schließlich gibt es Nachweise an der Donau von der Lechmündung bis über Wien hinaus.

Die Höhenverbreitung erstreckt sich im betrachteten Gebiet von der kollinen (selten) und montanen (häufig) vereinzelt bis zur subalpinen Höhenstufe. An der unteren Donau und am südlichen Alpenrand sind die am tiefsten liegenden Vorkommen (100 bis 200 m, vereinzelt in der Poebene noch tiefer), zu verzeichnen. In den Alpen nimmt die obere Verbreitungsgrenze von N nach S und von E nach W zu, ebenfalls vom Rand zu den Zentralalpen (Tabelle 1). BRE-SINSKY (1965) stellt *Selaginella helvetica* als circumalpine Pflanze (Verbreitungsschwerpunkt



Karte 1: Verbreitung von *Selaginella helvetica* zwischen Genfer See und dem Ostrand der Alpen

Quelle: Aus den im Literaturverzeichnis mit ** bezeichneten Werken sind Daten aus Verbreitungskarten und die Basiskarte (Gewässer, Grenzen, Kartierungsnetz) entnommen worden. Einzelne Fundortangaben stammen aus Werken, die mit * gekennzeichnet sind. Weitere stammen von Funden des Verfassers.

Es ist zu beachten, dass die Dichte der Fundpunkte z.T. auch durch den unterschiedlichen Stand der Erforschung und geringfügig durch die Art der Dokumentation in der Literatur bedingt ist (in der Regel Angaben nach MTB-Quadranten, in der Schweiz nach 5 km × 5 km Kartierungseinheiten, weitere Schweizer Funde aus den Kartierungseinheiten von Welten & Sutter mit geografischer Unschärfe sind mit Ringen statt Punkten gekennzeichnet). Die Verbreitung in den französischen Alpen und in den italienischen Alpen westlich des Comer Sees wurde nicht berücksichtigt.

im Alpenvorland oder in den Alpen und ihrem Vorland) zu den präalpinen Sippen, worunter er solche versteht, die nur die tieferen Lagen bis zur montanen (vereinzelt höchstens bis zur subalpinen) Stufe besiedeln. Die verwandte *Selaginella selaginoides* wird zu den dealpinen Sippen gestellt, die bis in die alpine Stufe vordringen.

Tab. 1: Beispiele für höher liegende Fundorte von *Selaginella helvetica* in verschiedenen Alpenregionen

Nördliche Ostalpen	Bayerische Alpen Vils (Tirol) Fernpass	1000 m (VOLLMANN 1914) 1100 m (DÖRR & LIPPERT 2001) 1200 m (BAUER 2010)
Zentrale Ostalpen	Tweng (Lungau) Rauriser Tal ob. Maltatal (Ankogel-Hochalmgruppe) Oberberger Seen Penken (Zillertal) Jennwand (Laaser Tal) Reschenpass Malser Heide	1180 m (SABOTAG 2013) 1120 m (SABOTAG 2013) 1630 m (SABOTAG 2013) 1570 m (DALLA TORRE 1909) 1800 m (DALLA TORRE 1909) 1970 m (BECK & WILHALM 2010) 1500 m (Bauer unveröff.) 1520 m (DALLA TORRE 1909)
Südliche Ostalpen	Tierser Tal Fassatal Laugenspitze (W Bozen) Monte Baldo	1300 m (Bauer unveröff.) 1400 m (DALLA TORRE 1909) 1600 m (DALLA TORRE 1909) 1200–1600 m (DALLA TORRE 1909)
Westalpen	oberh. Fideris (Graubünden) E Glarus Lukmanierpass Saas Fee (Wallis) Teysachaux (Freiburg) SE Martigny (Wallis)	1550 m (HEGI 1984) >1800 m (WELTEN & SUTTER 1982) >2000 m (WELTEN & SUTTER 1982) 2100 m (HEGI 1984) 1890 m (HEGI 1984) >1700 m (WELTEN & SUTTER 1982)

2. Standortfaktoren

Nach ELLENBERG (1974) zeigt *Selaginella helvetica* folgendes ökologisches Verhalten: Lichtzahl 6 (zwischen Halbschatten- und Halblichtpflanze), Temperaturzahl 6 (zwischen Mäßig-Wärmezeiger und Wärmezeiger), Kontinentalitätszahl 4 (subozeanisch mit Schwergewicht in Mitteleuropa, nach Osten ausgreifend), Feuchtezahl 5 (Frischezeiger, Schwergewicht auf mitteleuchten Böden, auf nassen sowie auf öfters austrocknenden Böden fehlend), Reaktionszahl 8 (zwischen Schwachsäure-Schwachbasenanzeiger und Basen- und Kalkzeiger), Stickstoffzahl 2 (zwischen stickstoffärmsten und stickstoffarmen Standorten).

Die Lebensform beschreibt Ellenberg als krautiger Chamaephyt, hygromorph (zart gebaute Schatten- und Halbschattenpflanze) bis mesomorph. Beim soziologischen Verhalten stellt dieser Autor die Art zum Seslerio-Koelerion. HEGI (1984) sieht *Selaginella helvetica* „phytozoologisch noch nicht vollständig bewertet, als Pionierpflanze z. B. in Mesobromion-Gesellschaften, wächst aber auch im Eriophorion latifolii“. Als Standorte werden „frische, basenreiche, aber nicht kalkhaltige, oft rohhumusreiche, lockere, steinige Lehm Böden“ angegeben, ferner „Auen, Hohlwege, an schattigen Felsen und Mauern, seltener in lückigen Magerrasen und an erdigen Böschungen“. Viele Autoren betonen in einem gewissen Gegensatz zu Hegi die Bindung an

Kalkböden (z. B. LEEDER & REITER 1958, PILSL, WITTMANN & NOWOTNY 2002 laut Sabotag unveröff.), die aber angesichts der vielen Funde in kalkarmen Alpenregionen nicht zwingend erscheint. GRIMS (2007) berichtet über einen Standort auf Feinsand über Silikatgestein, mehrere Autoren über Vorkommen an Waldrändern, z. B. nach STROBL (1998) sogar in Fichtennadelstreu. Zahlreiche Meldungen kommen von Funden an Hochwasserdämmen, Eisenbahn- und Straßenböschungen, von Viehweiden, Wegrändern, Flussterrassen. Der Verfasser sah auch Vorkommen am gemähten Rand von Sportrasen und auf planiertem Schigelände. Die Abbildungen 1 bis 6 zeigen in einer Auswahl verschiedene Habitate, in denen *Selaginella helvetica* als Begleiter in unterschiedlichen Gesellschaften angetroffen wurde.

Es soll nun versucht werden, diese etwas inhomogene Liste von Angaben unter einem gemeinsamen Gesichtspunkt zu betrachten. Der optimale Standort ist offensichtlich ein Kompromiss zwischen dem größtmöglichen Lichtgenuss und ausreichender Luftfeuchtigkeit in der unmittelbaren Umgebung der Pflanze (BAUER 1981). An Plätzen mit hoher Sonneneinstrahlung wie auf Pionierfluren, lückigen Magerrasen, Wegrändern und dgl. sorgen ein lehmiger oder gut verwitterter, von Rohhumus durchsetzter steiniger Boden und/oder ein schütterer Filz von niedrigen Kräutern und Moosen dafür, dass der Moosfarn nicht austrocknet. An absonnigen Felsen und Mauern wird keine weitere Beschattung durch Lichtkonkurrenten geduldet und die Luftfeuchte ist standortbedingt, vor allem in niederschlagsreichen Randlagen der Alpen, genügend hoch. In feuchten Hohlwegen und an Bachufern können sich sogar überhängende Girlanden (Abb. 7) bilden. Dass stickstoffreiche Böden gemieden werden, liegt hauptsächlich daran, dass hochwüchsige Konkurrenten mit reicher Blattbildung die Lichtfülle am Boden drastisch reduzieren. Das ist sehr gut an Viehweiden zu beobachten, auf denen *Selaginella helvetica* bevorzugt unter Zäunen vorkommt (Abb. 8). Solche Stellen sind mehrfach günstig: Das Vieh gras (Pferde womöglich schärfer als Rinder) den hohen Gräser- und Kräuterfilz unter dem Zaun ab, ohne diese Stellen zu zertreten oder Dung zu hinterlassen. Der Moosfarn bleibt dabei, flach am Boden liegend, unbeschädigt und kann sich trotz geschlossener Grasnarbe behaupten. Unter sehr alten Zäunen bildet sich im Laufe der Jahre durch den fehlenden Tritt ein kleiner Wall, der durch Licht- und Schattenseite ein günstiges Kleinklima schafft. Manchmal sind auch unter dem Zaun Maulwurfshügel besser erhalten, die wiederum neue offene Stellen zur Besiedlung bieten.

Die Frage, ob der Schweizer Moosfarn als kalkhold bezeichnet werden kann, lässt sich wenigstens partiell ebenfalls über das Lichtangebot verstehen. Die Geologische Übersichtskarte von Tirol (BRANDNER 2006) zeigt in den Nordalpen neben harten, Fels und Schutthalden bildenden Carbonatgesteinen (z. B. Wettersteinkalk, Dachsteinkalk, Hauptdolomit) kalkärmere, weichere, tiefgründiger verwitternde Gesteine (z. B. Grauwackenschiefer, Kössener Schichten, Allgäuschichten, manche Flyschschichten) an. Auf diesen gibt es in dem Höhenbereich, wo *Selaginella helvetica* vorkommt, kaum länger existierende Pionierflächen, wie sie an Schuttfächern aus Kalkgestein häufig vorkommen und statt Kalkmagerrasen finden wir üppige Mähwiesen oder Hochstauden, die ein Aufkommen des Moosfarns wortwörtlich im Keim ersticken.

Die wasserdurchlässigeren Carbonatgesteine trocknen schneller und erwärmen sich dadurch auch rascher als die feuchteren Silikat- und Schiefergesteine (HEGI, MERXMÜLLER & REISIGL 1977). Dies wird sich besonders in Gebieten vorteilhaft auswirken, die reichliche Niederschläge erhalten und nicht von Natur aus wärmebegünstigt sind, z. B. in den nördlichen Randalpen.

Die Lichtmenge übers Jahr gesehen wird wohl auch zum begrenzenden Faktor bei der Höhenverbreitung von *Selaginella helvetica*. Lange Schneebedeckung (in Staulagen und Hoch-



Abb. 1- 6: Beispiele verschiedener Standorte von *Selaginella helvetica*: Pionier auf lehmigem Kies (1), Pionier auf einer beschatteten Sandbank (2), in Mauerfugen mit *Asplenium ruta-muraria* (3), auf beweideten Buckelwiesen mit *Aster bellidiflorus*, *Primula farinosa* u.a. (4), im Halbtrockenrasen am Lechdamm bei Lechbruck/Ostallgäu/Bayern mit *Thymus spec.*, *Hieracium pilosella* u.a. (5), im dichten Gräserfilz unter Weidezäunen in den Flussauen der Wertach (6).

(1) bis (4) stammen aus der Umgebung von Vils und Musau/Tirol (vgl. Karte 5)

lagen, an Schattenseiten der Täler) verkürzen die Vegetationszeit. Anscheinend werden schneefreie Zeiten im Frühjahr und Spätherbst gut genutzt, wie man an neuen Sprosstrieben in diesen Wochen beobachten kann. Oft ist dann die höherwüchsige Begleitvegetation noch oder schon vertrocknet und dadurch der Lichteinfall begünstigt. Tau oder abtauender Reif sorgen auch an Sonnentagen dafür, dass es in dieser Zeit am Boden immer feucht bleibt. Kahlfröste im Alpenvorland scheinen der Pflanze bei all ihrer Zartheit nicht merklich zu schaden. Eine Reaktion auf Kälte- und Trockenstress ist in der lebhaften Orangefärbung der Triebe, besonders im Winterhalbjahr, zu sehen.

DALLA TORRE (1927) unterscheidet zwei Formen von *Selaginella helvetica*: „*f. umbrosa*, locker, grün, im Wald und *f. heliophila*, gedrungen, gelbgrün, an sonnigen Hängen z. B. Etschtal bei Auer“. Diese Standortmodifikationen sind auch in den nördlichen Alpen zu beobachten.

3. Ausbreitungsmechanismen

Die Kenntnis der im vorigen Abschnitt beschriebenen Standorte erleichtert zwar die Suche nach dem Schweizer Moosfarn, die Wahrscheinlichkeit, ihn aber in den Alpen und ihrem Vorland an solchen Stellen auch tatsächlich anzutreffen, ist sehr unterschiedlich. Hat diese Art noch nicht alle potentiellen Standorte besiedelt oder sehen wir nur die Relikte einer einst größeren Verbreitung?

Wie alle Pteridophyten bilden die Selaginellen Sporen als Ausbreitungseinheiten (Diasporen). Bei der Ordnung der Selaginales liegt Heterosporie vor. Mega- und Mikrosporen entstehen in räumlich getrennten Sporangien an einem Strobilus (HEGI 1984) (Abb. 9). Das Megaprothallium bleibt in der Spore. Eine Befruchtung ist bei *Selaginella helvetica* nicht notwendig (Apomixis) (nach BRUCHMANN 1919 in HESS et al. 1967). Die Megasporen haben einen Durchmesser von 0,4 mm, ähnlich wie bei *Selaginella selaginoides* mit 0,6 mm (HEGI 1984), und sind damit vergleichbar mit den Diasporen von *Primula farinosa* (0,5 mm lang, 0,07 mg), *Campanula cochleariifolia* (0,5 mm lang) oder *Gentiana verna* (0,6 bis 0,7 mm, 0,08 mg) (nach MÜLLER-SCHNEIDER 1986). Diese drei Arten sind im Gebirge oft mit dem Schweizer Moosfarn vergesellschaftet und teilen mit ihm die relativ geringe Wuchshöhe. Nach MÜLLER-SCHNEIDER (a.a.O.) sind sie boleochor, d. h. Windstöße streuen die Samen aus den Fruchtkapseln. Analog dürften die Megasporen des Moosfarns die vertrocknende Sporennähre verlassen, wenn auch die Sporophylle durch die noch etwas geringere Wuchshöhe dem Wind weniger Angriffsmöglichkeiten geben, es sei denn, dass störende Nachbargewächse fehlen. Trotz eines sehr niedrigen „Startpunkts“ sollte es zumindest bei heftigen Stürmen möglich sein, dass die Sporen über größere Strecken verweht werden. Dass die drei genannten Blütenpflanzen und auch der Gezähnte Moosfarn innerhalb der Alpen viel weiter verbreitet sind, liegt hauptsächlich an ihrer dealpinen Natur. Sie können bis in große Höhen Fuß fassen, sofern ein passendes Substrat vorliegt.

Dem Verfasser fiel auf, dass die Sporangien bereits vor der Austrocknung der Sporophylle bei Berührung der Strobili leicht abfallen, an trockener Luft nach einigen Stunden aufreißen und die mit etwas klebrigem Sekret umgebenen, kugeligen, mit zahlreichen Warzen besetzten Makrosporen freigeben. Theoretisch könnte es somit auch zur Nahausbreitung durch Zoochorie kommen. Führt man das Experiment auf einem Blatt Papier durch, ist zu beobachten, wie die Makrosporen bis zu ein paar Zentimeter weit geschleudert werden.

Eine zweite Art von Diasporen stellen beim Schweizer Moosfarn kleine abgetrennte Sprossstücke dar, von deren Vitalität man sich leicht durch eine Petrischalenkultur überzeugen kann. Solche Teile entstehen auf natürliche Weise bei normaler Erosion an den Rändern von Bergbächen (vgl. Abb. 17), Flüssen und deren Terrassen, bei Hochwässern, Murenabgängen, auch beim Mähen, durch Tritt von Mensch und Vieh und neuerdings durch Straßenbaumaschinen.

Beide Arten der Ausbreitung werden durch das in Kapitel 1 beschriebene Verbreitungsmuster gestützt bzw. sind hinreichend, um es in den Grundzügen, aber auch in manchen Details zu erklären. Das soll schrittweise in den nächsten drei Kapiteln versucht werden.

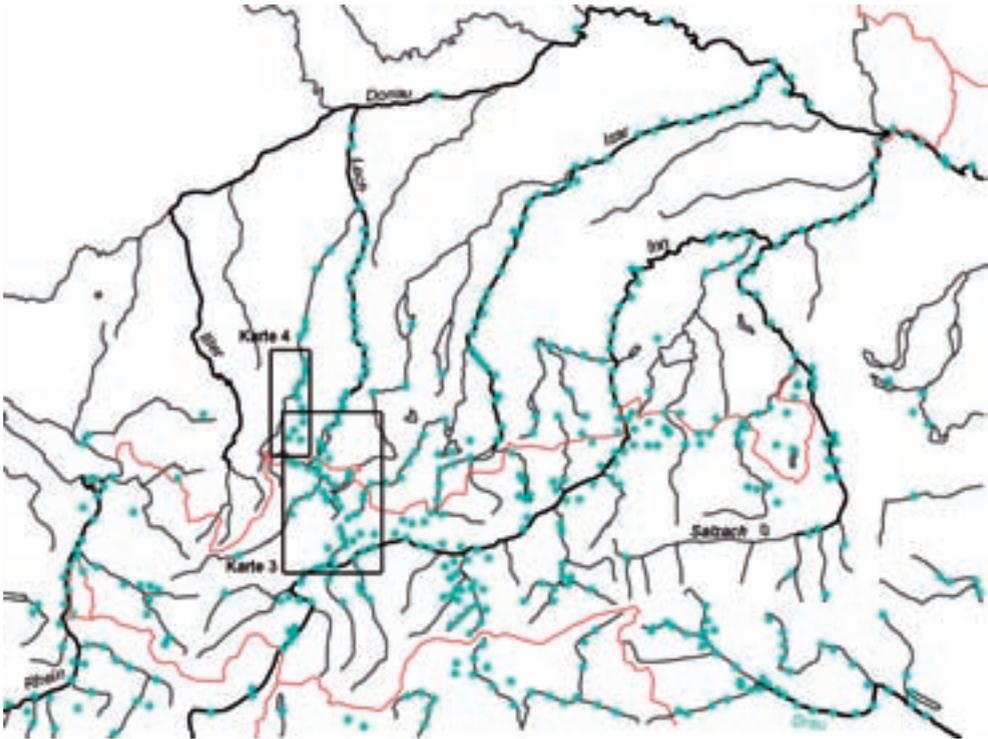
4. Glaziale Überdauerung

Mit Sicherheit waren während der größten würmzeitlichen Vergletscherung jene Bereiche der inneren Alpentäler, die heute von *Selaginella helvetica* besiedelt werden, frei von aller Vegetation. In den Talsystemen von Rhone, Rhein, Inn, Etsch, Enns und Drau und ihren Vernetzungen drangen mächtige Gletscher bis zum Alpenrand vor.

Wo fand sich in dieser Zeit „ein Platz an der Sonne“? MERXMÜLLER (1952) weist auf stets unvergletscherte Gebiete zwischen den Eiszungen am Alpenrand hin, die für die Erhaltung der Flora eine Rolle spielen konnten. Solche existierten vor allem am Süd-, Südwest-, Südost- und auch am Ostrand (NIKL FELD 1972) der Alpen. Am nördlichen Alpenrand gab es kleinere Refugien, die zur Erklärung mancher disjunkter Teilareale herangezogen werden (EGGENSBERGER 1994), z. B. von *Soldanella minima* und *Pedicularis oederi*. Bei beiden handelt es sich aber um Sippen, die nicht ohne weiteres mit den wärmebedürftigeren präalpinen Pflanzen verglichen werden können. Die klimatischen Bedingungen beim Eishöchststand (WALTER 1973) machen es wenig wahrscheinlich, dass *Selaginella helvetica* irgendwo im Alpenvorland südlich der Donau überdauern konnte, anders als die robuste *Selaginella selaginoides*, der Sporenfunde in Pollenanalysen zugewiesen wurden (BRESINSKY a.a.O., SCHMEIDL 1972), die von JUNG (1967/68) geradezu als Charakterart der eisrandnahen Dryasgesellschaft angesehen wird und als dealpine Art heute bis in Höhen von 2900 m (HEGI 1984) vordringt. Lediglich eine Fundmeldung vom Schweizer Moosfarn aus dem 19. Jh. „Schwarzer Grat“ (DÖRR & LIPPERT 2001) im Gebiet der unvergletscherten Adelegg zwischen Bodensee und Iller lässt mit dem Gedanken spielen, ob es nicht doch nördliche Refugien gab. Angesichts der Höhenlage dieser Region (900 bis 1100 m) ist ein Ausharren zwischen Rhein- und Illergletscher im eiszeitlichen Klima aber recht unwahrscheinlich.

Zur Frage nach Überdauerungsorten (und Wanderwegen, siehe Kapitel 5 und 6) kann die Verbreitungskarte brauchbare Hinweise liefern. Neben der Karte 1, die auf der Basis des Quadrantenrasters dargestellt ist, zeigt Karte 2 mit einem vergrößerten Ausschnitt der mittleren Nordalpen durch die Darstellung einzelner Fundorte besser die Bindung an Flusstäler. Es spricht vieles dafür, dass eine Besiedlung aus den Nordalpen heraus und nicht von einem nördlichen Refugium in die Alpen hinein erfolgte. Zwar ist eine Konzentration der Fundpunkte an den Flüssen des nördlichen Alpenvorlandes, z. B. des Lechs, noch kein Beweis für eine nur nordwärts gerichtete Verbreitung, da durch die begleitenden Schotterfelder, durchstoßenen Moränen und die hohe Dynamik des Wildflusses auch Platz für eine flussaufwärts gerichtete Ausbreitung von anemochoren Arten möglich ist (BRESINSKY 1965). Im hier betrachteten Fall sprechen aber andere Indizien dafür wie das völlige Ausbleiben im Illertal, das Fehlen abseits der großen Flüsse und weitere Eigentümlichkeiten, auf die später eingegangen wird (Kapitel 6.1). Auch der Einwand, dass Standorte in den heute „leeren“ Gebieten gänzlich verloren gingen, lässt sich nicht halten, da gerade die Areale präalpiner Arten in wärmeren Phasen seit dem Ende des letzten Glazials nicht so unter Zerstückelung gelitten haben wie diejenigen dealpiner Arten (BRESINSKY a.a.O.).

Wenn nun davon ausgegangen wird, dass eine Einwanderung ins Alpenvorland von Süden her erfolgte, muss im Weiteren gezeigt werden, wie die Alpen, ausgehend etwa von Refugien am Nordrand der Poebene, durchquert wurden. In den Westalpen (Rhonetal) und südöstlichen Ostalpen (Drau- und Murtal) ist eher ein west-ost- bzw. ost-westwärts gerichtetes Eindringen in die mittleren Alpen vorstellbar. Letzteres kann zwanglos vom östlichen Alpenrand aus er-



Karte 2: Verbreitung von *Selaginella helvetica* in den Nordalpen zwischen Rhein und Salzach

Quelle: Fundortangaben aus einem Teil der Werke, die im Literaturverzeichnis mit * gekennzeichnet sind, in Einzelfällen auch aus solchen mit **. Kartengrundlage: Alpenländer 1: 1 500 000 im Diercke Weltatlas (1974) Westermann

klärt werden, wo mehrere montane, thermophile Sippen die letzte Eiszeit überdauert haben, wie NIKLFELD (a.a.O.) überzeugend darlegte.

5. Wanderwege innerhalb der Alpen

Die schwindenden Gletscher lieferten große Mengen an Schmelzwasser, das die Täler erfüllte und z. T. mächtige Schotterlagen zurückließ. Moränenwälle lagen frei da, Grundmoränenlehm trat zutage, an ruhigen Stellen und manchen Seeufern lagerten sich Schwemmsand oder noch feineres Material ab. Eine gewisse Ähnlichkeit mit frisch angelegten Autobahnböschungen oder neuen Staudämmen drängt sich auf. Hier wie dort entstehen potentielle Habitate für *Selaginella helvetica*.

Als ihr Hauptausbreitungsmittel tritt zunächst der Wind auf. Die häufigsten und stärksten Winde im mittleren Alpenraum kommen im Jahresmittel aus Südwest bis Nordwest (bei der Zugspitze durch die exponierte Lage auch bis Nord) mit Monatsmittelwerten der Geschwindigkeit von 5 bis 9 m/s und maximalen Stundenwerten um 30 m/s (Wendelstein) bis über 40 m/s (Zugspitze, mit Böen bis um 90 m/s) (BayFORKLIM 1996). Man darf annehmen, dass ähnliche Bedingungen auch im Spät- und Postglazial herrschten. In den Tälern können je nach Ausrichtung und Abschirmung viel geringere Werte gemessen werden (z. B. in Garmisch). Bei

entsprechenden Luftströmungen kommt es zur Erscheinung des Nord- und Südföhns, der sich in manchen Quertälern besonders stark auswirkt. Daneben gibt es tagesperiodische lokale Luftströmungen (Berg- und Talwind). Der Temperaturgegensatz zwischen eisfreien und noch eisbedeckten Gebieten löste zusätzlich Luftbewegungen aus (Gletscherwind, FRANZ 1979). Wie in Kapitel 3 dargelegt, sorgt der Wind für die Ausstreuung der Megasporen, wobei es bei geringerer Verfrachtung zur Herdenbildung kommt. Bei noch spärlicher Begleitvegetation fiel es den Sporen leichter zu „starten“ und ungehindert Höhe zu gewinnen. Starke Winde und Stürme sorgten für eine Fernausbreitung. Schranken kann dabei die Lebensfähigkeit der Diasporen setzen; leichte sind nicht selten weniger vital (BONN & POSCHLOD 1998). Wie andere Pionierpflanzen hatte *Selaginella helvetica* einen gewissen Vorsprung bei der Landnahme. Vielleicht ist der „Einfall“ in die Alpentäler recht schnell abgelaufen, abhängig von der Geschwindigkeit der Erwärmung. Aus Tabelle 2 wird ersichtlich, wie früh das Eisstromnetz in den Südalpen zerfiel und Übergänge frei wurden und dass die Ausdehnung der Gletscher schon vor mehr als 9000 Jahren „heutigen“ Verhältnissen glich.

Im Weiteren soll wieder die Verbreitungskarte mögliche Wanderwege aufzeigen. Von den oberitalienischen Seen aus führen in der Schweiz Täler nordwärts zu Pässen unter 2000 m Höhe wie Lukmanier (ins Rheintal) oder Maloja (ins Inntal), in Südtirol zu Übergängen bis 1500 m wie Reschen oder Brenner (beide ins Inntal). In Slowenien und im südöstlichen Österreich leiten Drau- und Murtal in die Alpen bis zu Pässen bei 1700 m wie Katschberg und Radstädter Tauern (ins Salzach- und Ennstal).

Um diese Wanderungen zu ermöglichen, müssten die genannten Übergänge eisfrei geworden sein, zeitlich wohl unterschiedlich, je nach Höhenlage und Lokalklima. Auch ein „Überspringen“ von Toteisresten ist an wärmeren Talflanken denkbar. Ein Fußfassen an schneller verwitternden Halden von Schieferbergen, wie sie z. B. das Engadiner Inntal begleiten, ist vorstellbar. Dagegen sind Kalk- und Dolomitschutt und -geröll erst nach der Bildung organischer Bodenbestandteile und/oder wenn sandig-toniges Feinmaterial beigemischt ist, eine geeignete Unterlage. Es wäre interessant, die Rolle der begleitenden Moos- und Flechtenvegetation näher zu betrachten. In synökologischen Wechselwirkungen, die mit zunehmender Bodenbildung komplexer werden, können Moose je nach ihrer Lebensform (FRAHM 2001) als Konkurrenten um Wuchsflächen auftreten (z. B. bei einem Mosaik aus *Selaginella helvetica* und *Tortella tortuosa* zu beobachten) oder unter lockeren Decken (z. B. von *Rhytidiadelphus squarrosus* oder *Calliargonella cuspidata*) ein Mikroklima schaffen, in dem die Moosfartriebe zunächst herumvagabundieren, aber unter der Gefahr, bei Verdichtung ganz überwuchert zu werden und zu verkümmern (Abb. 10).

Durch geografische Gegebenheiten werden die Ausbreitungsrichtungen weiterhin wesentlich gesteuert. Die Verbreitungskarte lässt Vermutungen zu, welche hinderlichen Bergketten nicht überwunden werden konnten. So scheint eine deutliche Lücke im Berner Oberland durch die dichte Abschirmung vom Rhonetal mit Drei- und Viertausendern, bzw. der starken bis heute anhaltenden Vergletscherung zusammen zu hängen. Im kleineren Maßstab waren auch die Lechtaler Alpen westlich des Fernpasses unüberwindlich, mit der Auswirkung, dass eine etwaige Weiterwanderung über den Allgäuer Hauptkamm ausblieb und somit das Fehlen des Moosfarns im Illergebiet erklärt wird. In Tirol sind Pitztal und Ötztal sekundär vom Inn aus besiedelt worden und nicht über den vergletscherten Alpenhauptkamm. Die Hohen Tauern wirkten zwar auch als Barriere, konnten aber womöglich durch ein von Osten erfolgreiches Eindringen umgangen werden.

Tab. 2: Gliederung von Spät- und Postglazial im Alpenvorland und den Alpen mit einigen Zeitmarken zum Eisrückzug und Vegetationsfortschritt

Quellen: Chronologie nach JERZ (1981) und Scholz (1993); 1) = BORTENSCHLAGER (1972), 2) = FRITZ (1972), 3) = iPoint (2007), 4) = KRAL (1989), 5) = OEGGL & NICOLUSSI (2008), 6) = PATZELT (1972), 7) = SCHMEIDL (1972), 8) = SCHOLZ (1993) und 9) = ZOLLER et al. (1972)

Postglazial	Subatlantikum	2500 BP bis heute	
	Subboreal	4500 – 2500 BP	4150 BP Fernpass-Bergsturz 3)
	Atlantikum	7800 – 4500 BP	gegen 5500 BP: Ende des Wärmeoptimums 5) ab 6500 BP Dauersiedlungen in zentralen Alpentälern 5)
	Boreal	9000 – 7800 BP	ab 9000 BP Wärmeoptimum mit Klimaschwankungen 5) Waldgrenze schwankt dabei bis zu 200 m 1)
	Präboreal	10200 – 9000 BP	<i>Pinus</i> im zentralen und nördlichen Alpenraum dominierend 4) 9200 BP: Bewaldung in den Ostalpen bis in die Nähe heutiger Gletschervorfelder 6) 9300 BP: Rheintal ab Brigels (W Illanz) eisfrei 9) 9500 BP: Gletscher in Ötztaler Alpen und Hohe Tauern bis auf neuzeitliche Größenordnung abgeschmolzen 6)
Spätglazial	Jüngere Dryaszeit	10800 – 10200 BP	Klimarückschlag mit Zurückdrängung des Waldes im Alpenvorland 7)
	Alleröd-Interstadial	11800 – 10800 BP	Im nördlichen Alpenvorland Birken-Kiefernwald 7) in Kärnten Kiefernwald bis 1300 m 2)
	Ältere Dryaszeit	12000 – 11800 BP	11600 BP: Rheingletscher noch bis Illanz (W Chur) 9)
	Bölling-Interstadial	13200 – 12000 BP	organ. Sedimente: 12000 BP: Maloja (1870 m) 12700 BP: Südtessin (970 m) 12900 BP: S Lukmanier (1420 m) 9)
	Älteste Dryaszeit	15000 – 13200 BP	13200 BP: Rückzug des Eises bis in die obersten südlichen Alpentäler abgeschlossen, Transfluenzen von Rhein- und Inn-gletscher aufgehoben 9) 13300 BP: Klopeiner See (Kärnten): sprunghafte Ausbreitung baumloser Vegetation 2)
Hochglazial		vor 15 000 BP	14500 – 15500 BP: Rhein-Bodensee- und Inn-Chiemsee-Vorlandgletscher bis zum Alpenrand zurückgeschmolzen 8)

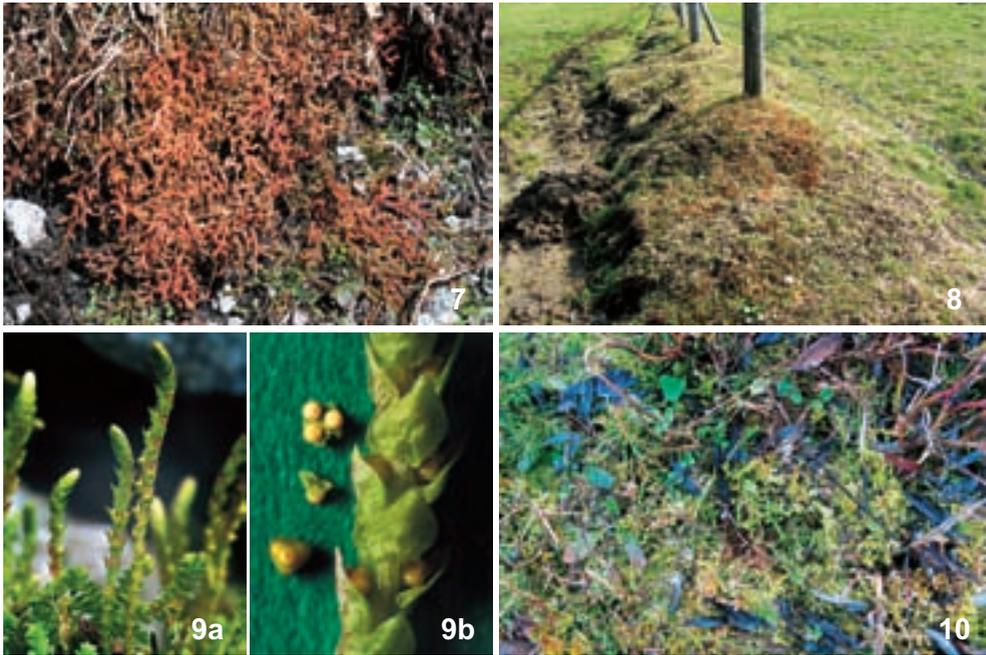


Abb. 7: Girlandenartiger Wuchs von *Selaginella helvetica* (Wegrand beim Aufstieg zur Ruine Ehrenberg bei Reutte/Tirol). – **Abb. 8:** Vorkommen von *S. helvetica* unter einem Weidezaun (südlich Ebenhofen/Ostallgäu/Bayern). – **Abb. 9a:** Aus dem Geflecht der flach beblätterten Sprosse von *S. helvetica* treiben im Mai die Sporenähren. – **Abb. 9b:** Vergrößerter Spross mit Sporophyllen, daneben losgelöste und geplatzte Sporangien. – **Abb. 10:** Frische Triebe von *S. helvetica* unter reifbedecktem Moospolster (am 3.1.2012), in der Bildmitte freigelegt (Wertachdamm nordöstlich Biessenhofen/Ostallgäu/Bayern).

All' diese Wanderungen, im Auf und Ab der spät- und postglazialen Klimaschwankungen entweder gefördert oder wieder gehemmt, in Westwindschneisen und Föhntälern beschleunigt, kamen erst dann etwas ins Stocken, als sich die Vegetationsdecke in den Tälern und unteren Talhängen über verschiedene Sukzessionsphasen mehr und mehr schloss. Vor allem durch die Wiederbewaldung wurde der Ausbreitungsdrang gebremst und die Größe von Besiedlungsflächen ging zurück. Wie weit der Mensch durch Rodungen und Beweidung entgegenwirkte, soll in Kapitel 7.2 erwähnt werden.

Bisher war nur vom Wind als Ausbreitungsmedium die Rede. Sicherlich hat aber auch der Transport von losgerissenen oder abgeschürften Polstern des Moosfarns durch Wasser einen großen Beitrag geleistet. Nach der Überwindung der Kammlinie, wozu Wind unbedingt nötig war, kommt nun dieses Ausbreitungsmedium häufiger mit ins Spiel. Polsterteile wurden im Hochwasserbereich angeschwemmt und konnten schnell weiterwachsen. Aus den angewehten Sporen, nur durch Zufall am richtigen Platz, musste erst das Megaprothallium keimen und die nächste Sporenreife war nicht so rasch möglich. Aus einer anfangs mehr diffusen Ausbreitung durch den Wind kommt es also zusätzlich und später immer mehr zu einer gesteuerten Ausbreitung mit den Fließgewässern, die östlich der europäischen Hauptwasserscheide ihren Abschluss erst an der Donau findet.

6. Vorstoß ins Alpenvorland

6.1 Im Lech-Wertach-Gebiet

Nach der Überwindung der letzten niedrigen Einsattelungen wie Fernpass (heute 1200 m, vgl. aber Kapitel 7.1) zwischen Inn- und Loisach- bzw. Lechtal, Seefelder Sattel (1200 m) und Achenpass (900 m) zwischen Inn- und Isartal, und der durchlässigen Chiemgauer Alpen mit Hilfe der nochmals unumgänglichen Windverbreitung und zusätzlich auf dem Wasserweg durch Rhein, Lech, Isar, Ammer (?), Loisach, Inn, Saalach, Salzach und Enns gelangte *Selaginella helvetica* hinaus ins nördliche Alpenvorland.

Jede Region mag dabei ihr vom Verlauf der Gewässer, von dem Relief und manchen zufallsbedingten Faktoren abhängiges Ausbreitungsbild aufgeprägt bekommen haben. In Rahmen dieser Arbeit wird der Weg vom Inntal ins Loisach-Ammer-Lech-Wertach-Gebiet genauer betrachtet. Grundlage der Überlegungen ist wiederum eine Verbreitungskarte (Karte 3).

Von den Inn-begleitenden Wuchsorten (POLATSCHKE 2000) zweigt in Imst ein Verbreitungsgang gegen Nassereith ab. Unschwer ist die Vorstellung, dass kräftiger Wind aus dem breiten Inntal ohne wesentliche Richtungsänderung ungehindert Sporen durch das ebenso geräumige Gurgltal (Abb. 11) weiter bis zum heutigen Südfuß des Fernpasses geweht hat. Selbst an den Hängen oberhalb des Tales (nordwestlich von Tarrenz, am Anstieg zum Mieminger Sattel und nach POLATSCHKE (a.a.O.) auch nördlich davon) findet man Zeugen dieser Ausbreitung. Nordöstlich der Fernpass-Region, die in Kapitel 7 noch einer gesonderten Betrachtung bedarf, ist das Becken von Lermoos und Ehrwald (Abb. 12) erreicht worden. Von dort aus gelangte der Moosfarn loisachabwärts ins Vorland, was durch zahlreiche flussnahe Funde belegt ist.

Zwischen Lermoos und Bichlbach klafft dagegen eine Lücke. Allerdings stehen in diesem Bereich tiefgründige Böden über Allgäuschichten bis ins Tal an und man weiß nicht, wo man im Bereich fetter Mähwiesen, Hochstauden oder Bergmischwald nach dem Moosfarn suchen soll. Das ändert sich westwärts in der Hauptdolomitregion um Heiterwang völlig. Auf alten Schuttfächern und beweideten Buckelwiesen wird man immer wieder fündig. Das gleiche gilt auch für die Umrahmung von Heiterwanger See und Plansee (Abb. 13). Allerdings bieten die langen NW- und SO-Ufer des letzteren weniger Möglichkeiten einer Besiedlung, weil auf den zahlreichen Schutthalden fortwährend frisches und sehr grobes Material bis zum See transportiert wird und die ruhenden Partien dicht mit Wald- und Bergkiefern bewachsen sind.

Über den Sattel bei der Ehrenberger Klause auf dem Landweg (oder eigentlich Luftweg) und mit Hilfe der Plansee-Ache auf dem Wasserweg gelangte der Moosfarn weiter westwärts in das Talbecken des Lechs um Reutte. Lechabwärts gibt es zahlreiche Funde in flussnahen Auen, im unteren Bereich der rechtsseitigen, wärmeren Hangleite und links auf alten Schuttfächern (vgl. Karte 4 und 5), die den Tannheimer Bergen entspringen. Östlich von Vils biegt heute der Lech nach Osten um und tritt nach Überwindung der Lechklamm bei Füssen ins Vorland hinaus. Die Häufung von Funden setzt sich aber in der alten Fließrichtung weiter bis über Vils hinaus zur Landesgrenze fort. Dort verlief im Spät- und Postglazial der Lech, der dann bei Pfronten aus den Alpen trat (ZACHER 1966). Auffällig ist, dass südlich von Pfronten weitere Funde ausbleiben. Ein Blick auf die Geologische Karte (ZACHER a.a.O.) zeigt, dass exakt ab dem Grenzübergang die weichen Allgäuschichten die Hänge am Fuß des Breitenbergs aufbauen und statt magerer Viehweiden Fettwiesen tragen.



Karte 4: Fundorte von *Selaginella helvetica* zwischen Pfronten und Kaufbeuren (Ostallgäu)

Grundlage der Skizze: Topographische Karte von Bayern 1: 100 000, Blatt C 8326 Kempten

Funde im Umkreis von etwa 10 Metern sind zusammengefasst. Grüne Punkte: Bis 2011 noch vorhanden. Rote Punkte: Zwischen etwa 1975 und 2010 erloschen oder zurzeit nicht mehr nachweisbar.

Bevor wir dem weiteren Verlauf des „alten“ Lech folgen, noch ein Blick zum Oberlauf südwestlich von Reutte. Dort ist der Schweizer Moosfarn bis Weißenbach recht verbreitet, tritt bei Forchach nochmals und zuletzt bei Stanzach am Eingang zum Namloser Tal an einer Straßenböschung auf. Es gibt allerdings noch eine unbestätigte Meldung von DALLA TORRE (1909) „Holzgau“, 20 Kilometer Lech aufwärts. Obwohl am wildfließenden Tiroler Lech unzählige potentielle Habitate vorliegen, wurde davon nur auf dem untersten Abschnitt Gebrauch gemacht. Vielleicht lag es an der geringeren Häufigkeit starker Ostwinde, dass die Besiedlung nicht weiter kam. Möglicherweise waren aber auch zu dieser Zeit noch Eisreste aus den stark vergletscherten Lechseitentäler hinderlich.

Zurück zum Alpenrand: Bis 1976 waren zwei Vorkommen von *Selaginella helvetica* nördlich und südwestlich von Seeg im Ostallgäu bekannt, die nicht in das Schema „Flussbegleiter“ passen wollten. Der erste Wuchsort liegt hoch über dem Tal des Lengenwanger Mühlbachs, der dort mäandrierend ein für ihn viel zu breites Tal durchzieht (Abb. 14). Der Gedanke, dass dieses ehemalige Schmelzwassertal noch mehr Wuchsorte beherbergen könnte, löste eine intensive Suche aus. In den folgenden Jahren fand der Verfasser sieben weitere Stellen talaufwärts und zwei talabwärts, bestätigt von Dörr, der auch noch zwei weitere entdeckte. Nun galt es, mit den vor Pfronten endenden Funden eine Verbindung herzustellen. Diese könnte über den „Pfrontener See“ zustande gekommen

sein (BAUER 1981). Nach ZACHER (1966) erstreckte sich dieser See im Spätglazial vom Reutener Talbecken über Vils und Pfronten bis nach Wank bei Nesselwang. Seine Seehöhe wird von KLEBELSBERG (1919) mit 870 bis 890 m angegeben. An seinem Nordende liegt die Wasserscheide im Bereich von Attlesee und Kögelweiher zum Lengenwanger Mühlbach auf 892 m. Nur zwei Kilometer weiter nördlich liegt das erste Vorkommen des Moosfarns, interessanterweise am engen Übergang aus der vermoorten Niederung zum eigentlichen Schmelzwassertal. Das Schicksal des Sees war besiegelt, als südlich von Füssen in der Lechschlucht ein tiefer liegender Überlauf geschaffen war. Über einen Wasserfall, der anfangs höher als der heutige (gezähmte) Lechfall herabstürzte, gelangte das Wasser in den „Füssener See“, der sich als eine großflächige Verschmelzung des heutigen Hopfen-, Forgggen- und Bannwaldsees mit einem Spiegel bei 790 m vorstellen lässt (ZACHER a.a.O.). Dieser See wurde durch den Molassezug am Illasberg gestaut, der aber im Postglazial durchbrochen wurde (der jetzige Forggensee ist ein künstlicher Stausee). Nach Scholz (briefl. 2012) sind dort die jüngsten Sedimente 8000 Jahre alte Seekreiden. Durch die Molasseschlucht gelangte *Selaginella helvetica* auch an den Mittellauf des Lechs. Die Vorkommen dort halten sich durchwegs eng an die Ufer- oder bestenfalls Überschwemmungszone, so dass man eine reine Wasserverbreitung annehmen darf.

Etwas anders verlief die Ausbreitung im Gebiet des oben erwähnten Schmelzwassertals, das heute vom Lengenwanger Mühlbach und ab seiner Mündung in die Lobach von dieser durchflossen wird (Abb. 15). Von einem einzigen Fund nördlich des Attlesees abgesehen, liegen alle anderen nicht im Talgrund sondern an den begleitenden Hängen. Offenbar herrschten dort günstige Bedingungen für eine Ansiedlung, z. B. an damals noch gering bewachsenen Molasseriegeln, Drumlins und Moränendurchbrüchen. Die Anwehung der Sporen dürfte hier mitgespielt haben, liegen doch die südlichsten dieser Vorkommen etwa drei Kilometer östlich (Westwind!) von dem angenommenen Uferbereich des „Pfrontener Sees“. Der eine Wuchsort liegt bei Schwarzenbach auf einer kleinen Nagelfluhrippe, dort begleitet von *Primula farinosa*, *Gentiana verna* und *clusii*, *Polygala chamaebuxus* und *amarella*, *Aster bellidiastrum*, *Tofieldia calyculata*, *Hippocrepis comosa*, *Ranunculus montanus*, *Carex montana*, *flacca* und *ornithopoda*, *Arabis hirsuta*, *Anthyllis vulneraria*., *Trifolium montanum*, *Antennaria dioica*, *Carlina acaulis* und auch *Selaginella selaginoides* (18.5.1976, von Dörr 1976 bestätigt) (Abb. 16). Dieses Juwel ist durch einmalige radikale Überdüngung etwa um 1980 weitestgehend zerstört worden. Der zweite Standort in der Nachbarschaft, östlich des Weilers Rennbothen, wurde erst 2007 entdeckt und ist nicht minder interessant. Er liegt dort, wo eine Abflussrinne von Westen in das Enzenstetter Becken einmündete. Dieses Vorkommen unter einem Weidezaun ist recht spärlich, aber immerhin bis heute (Frühjahr 2013) beständig. Eine unbestätigte Literaturangabe „Eisenberg“ (in DÖRR 1968) würde hinsichtlich der Lage zu den beiden anderen passen.

Nach der Mündung des Lengenwanger Mühlbachs sind lobachabwärts bis zu ihrer Mündung in die Wertach drei weitere Wuchsorte bekannt geworden. Die nun folgende, gut belegte Verbreitung bis hinunter nach Augsburg scheint ihren Ausgang gänzlich über diese Einmündung genommen zu haben. Denn weder Wertach aufwärts, wo man wie abwärts ein breites, mit Terrassen aus den Rückzugsphasen des Würmeises begleitetes Tal antrifft, noch in der weiter aufwärts bis Nesselwang folgenden Wertachschlucht ist *Selaginella helvetica* bisher gefunden worden. Anscheinend war dieser Abfluss zu der Zeit nicht mehr wirksam, als der Moosfarn bei Pfronten ins Vorland hinaus drang. Nach Scholz (briefl. 2013) gelangte Schmelzwasser vom Lechgletscher nur am Ende des Hochglazials bis zum Wertachtal, in guter Übereinstim-

mung mit dem botanischen Befund. Die Literaturangabe „Maria Rain“ aus diesem Gebiet muss nach Bresinsky (briefl. 1980) gestrichen werden. Hepps Fund von 1942 zwischen Oy und Mittelberg (nach DÖRR & LIPPERT 2001) ist unbestätigt.

In der Terrassenlandschaft zwischen Marktoberdorf und Kaufbeuren konnte sich der Moosfarn gut etablieren. Man findet ihn dort ausschließlich unter den Zäunen von Viehweiden, die an Terrassenkanten und Rinnen ehemaliger Fluss-Schleifen liegen, sowie an Dämmen, die bei Flussregulierungen und beim Aufstau an Elektrizitätswerken errichtet wurden. Interessant ist ein Vorkommen (etwa um 1990 erloschen) nordöstlich von Altdorf, wo die spätglazialen Schmelzwässer aus dem Wertachtal in einem großen Bogen einen Prallhang im Schotter der Geltnachebene ausgeschnitten haben.

Nördlich von Kaufbeuren haben sich einige Vorkommen vor allem an den Dämmen von Stauseen erhalten. Nach HIEMEYER (1978) gibt es südlich von Augsburg Funde bei Hiltenfingen, Schwabmünchen und Bobingen, ferner nahe der Mündung in den Lech. Ob dort und an weiteren Stellen bis zur Mündung in die Donau und weiter bis zur Isarmündung der „Wertachweg“ oder der wohl zeitlich spätere „Lechweg“ benutzt worden ist, lässt sich im Nachhinein kaum rekonstruieren.

6.2 In Nachbarregionen

Zunächst soll der benachbarte Bodenseeraum betrachtet werden. ADE (1901) berichtet von einem Vorkommen nahe der Mündung der Bregenzer Ach, SEBALD et al. (1990) von „etwa 20 kleinen Stellen“ zwischen Gießenbrück und Argenmündung, die in letzten Resten von Brielmaier und Dörr vor etwa 30 Jahren bestätigt wurden (DÖRR & LIPPERT 2001). Beide Regionen stehen in Beziehung zur Verbreitung im Rheintal. Die genannten Autoren nennen auch noch ein unbestätigtes Vorkommen bei Oberstaufen. Eine Fernverbreitung vom Rhein her durch die breiten SW-NO-streichenden Täler scheint nicht völlig ausgeschlossen. Falls die Ausbreitung in Teilschritten erfolgte, wurden ihre Spuren wohl schon mit der zunehmenden Bewaldung verwischt. Vielleicht lässt sich sogar die Angabe „Schwarzer Grat“ aus dieser Sicht her deuten. Im angrenzenden Bregenzer Wald ist *Selaginella helvetica* außer einer Meldung aus dem orografisch links der Ach liegenden Quadranten 8624/2 (laut aktueller Floristischer Kartierung Österreichs) noch nicht beobachtet worden, anders als bei dem weiter südlich bei Feldkirch einmündenden Illtal (Walgau), das weit hinauf zum Montafon besiedelt wurde. Westlich des Rheins ähnelt das Fehlen im benachbarten Schweizer Thurgau den Verhältnissen im Illergebiet. Dass rheinabwärts, anders als bei der Donau, Funde ausbleiben, mag daran liegen, dass ein Transport über den Bodensee wegen seiner langen Dauer nicht überlebt wurde und dass auch ein merklicher Nachschub durch die Flüsse aus dem Schweizer Mittelland wie Aare und Reuß fehlte. Die gelegentliche Angabe in der Literatur für Württemberg (z. B. HEGI 1984) „Laupheim“ (7725/3) wird als zweifelhaft angesehen oder beruht auf Verschleppung (SEBALD & al. 1990).

Östlich des Lechs gibt es spärliche, aber interessante Meldungen entlang der Ammer. BRESINSKY (1965) verzeichnet einen Fund am Ammersee (nach HEPP 1954 zwischen Herrsching und Aidenried auf der BBG-Exkursion 1941 gefunden); im Verbreitungsatlas von Bayern ist auch eine Stelle in 8232/2 am Ammerknie südlich von Weilheim markiert und der Verfasser fand flussaufwärts in 8231/2 beim Ammerknie südlich von Peiting den Schweizer Moosfarn an einem Wehr (Beleg vom 12.04.1981). Ein Transport über den Ammersee bis zur Amper war



Abb. 11: Gurgltal zwischen Imst und Nassereith/Tirol mit Blick talabwärts (von der Auffahrt zum Mieminger Sattel). – **Abb. 12:** Nördliche Rampe des Fernpasses; Wölbung auf der Passhöhe durch Bergsturzmassen (Tirol), davor das Becken von Lermoos-Ehrwald. – **Abb. 13:** Passende Habitate auf einem flachen, beweideten Schwemmkegel zwischen Plansee und Heiterwanger See/Tirol, im Hintergrund ungünstige Bedingungen auf groben Bergsturzmassen. – **Abb. 14:** Schmelzwassertal mit dem Lengenwanger Mühlbach, Wanderweg von *Selaginella helvetica* nach dem Würmglazial (südlich Lengenwang/Ostallgäu/Bayern). – **Abb. 15:** Nördliche Fortsetzung des Wanderwegs im Lobachtal mit Reliktvorkommen von *S. helvetica* (im Mittelgrund unter dem Zaun) (südlich Balteratsried/ Ostallgäu/Bayern). – **Abb. 16:** Vegetation einer Nagelfluhrippe (westlich von Schwarzenbach bei Enzenstetten/Ostallgäu/Bayern), Aufnahme vom 18.5.1976.

wohl aus den gleichen Gründen wie beim Bodensee unwahrscheinlich. Vom ganzen Oberlauf der Ammer bis Linderhof ist noch kein Fund bekannt, obwohl viele günstige Stellen vorlägen. Ein Kontakt mit den Vorkommen nördlich des Plansees, vom Ammerursprung nur durch einen Sattel von 1100 m Höhe getrennt, ist gut denkbar. Nicht ganz ausgeschlossen ist aber auch die

Besiedlung von der Loisach aus durch das Elmau-Tal über einen Sattel von 1200 m Höhe. Vielleicht können weitere Funde in diesem Gebiet noch Klarheit verschaffen. Das gilt auch für die Einordnung eines Fundes südlich des Starnberger Sees laut Botanischem Informationsknoten Bayern (BIB).

Wie die durchgehende Verbreitung zeigt, ist die Invasion ins Isartal vom Inn her über den Sattel von Seefeld vollzogen und auf dem Wasserweg bis Deggendorf fortgesetzt worden. VOLLMANN (1914) gibt als Fundort „Garching Heide“ an. Lippert (mdl.) kennt keinen Standort innerhalb des heutigen, abseits der Isar liegenden Naturschutzgebietes, gibt aber zu bedenken, dass die Heideflächen nördlich von München einst viel weiter ausgedehnt waren.

Zuletzt noch ein Blick zum Inntal: Durch seine Lage als Längstal prädestiniert als Aufanggebiet mehrerer Übergänge aus den Südalpen, wird es indirekt zur Quelle für das Lech-Isargebiet und setzt selbst die Verbreitung auch ununterbrochen bis zur Donau fort. Die Verhältnisse im Einzugsgebiet der Salzach und ihre Beziehungen zu ost- und südostalpinen Refugien wären eine eigene Betrachtung wert, sind aber dem Verfasser mangels Kenntnis des Gebietes nicht möglich. Das gleiche gilt für die Vorkommen an der unteren Alz. Sind sie „regelwidrig“ vom Inn her flussaufwärts erreicht worden oder über den Chiemsee, was nach den Aussagen zu Boden- und Ammersee ebenso fraglich erscheint oder doch auf dem direktem Weg aus dem Gebirge über die (bayerische) Traun?

7. Postglaziale Veränderungen der Standorte

7.1 Natürlicher Wandel

Seit dem Beginn der Arealerweiterung, ausgehend von den eiszeitlichen Refugien, die rasch nach dem Eisrückgang einsetzte, der Bewaldung vorauseilte und womöglich schon früher als vor 9000 Jahren den nördlichen Alpenrand erreichte, haben naturgemäß immer Veränderungen der Habitate stattgefunden. Eine frühere, größere flächenhafte Verbreitung, also auch in Gebieten, wo *Selaginella helvetica* heute völlig fehlt, ist eher unwahrscheinlich (vgl. Kapitel 4), dagegen muss eine anfangs viel höhere Siedlungsdichte in den Hauptverbreitungstälern und auch am unmittelbaren Alpenrand angenommen werden. Die weitere Verbreitung mit den Flüssen erforderte ein ausreichendes Reservoir. Die heutigen relikartigen Vorkommen sind nicht das Ergebnis einer rezenten Verbreitung als Schwemmling (die „Landung“ dürfte noch größere Probleme aufwerfen als der „Start“).

Der größte „Feind“ einer konkurrenzschwachen Sippe mit Vorliebe für helle, offene oder locker bewachsene Habitate ist die Überwucherung mit größeren, Flächen einnehmenden Pflanzen bis hin zu Bäumen in geschlossenen Wäldern. Nur dort, wo in der Nähe immer wieder ausreichend freie Stellen entstanden sind, war ein Überleben möglich. Solche Verhältnisse sind z. B. gegeben, wenn sich Bäche und Flüsse umlagern, Ufer abbrechen (Abb. 17), neue Schwemm- und Schuttkegel entstehen oder Bergstürze (auch kleinräumige) stattfinden. Solange in den Tälern eine hohe Dynamik vorliegt, wird es nicht an Beständen mangeln, von denen die Ausbreitung weitergetragen wird.

An dieser Stelle soll auf ein Großereignis hingewiesen werden, das in die Ausbreitung vom Inn zum Loisach-Lechgebiet (siehe Anfang von Kapitel 6) eingeflochten ist. Schon PENCK (1882) war aufgefallen, dass auf dem Fernpass Kristallingschiebe von Eistransfluenzen aus dem Inntal weitgehend fehlen. Er schloss daraus, dass es durch einen Bergsturz zum

Zerfall einer Barriere kam. Nach heutiger Ansicht existierte jedoch ein Tal von Nassereith bis Lermoos (mit Entwässerung nach Süden zum Gurgltal und in den Inn bei Imst), das bei einem gewaltigen Bergsturz bis auf die jetzige Höhe und Breite verschüttet wurde (dargestellt bei KUHN 2002) (vgl. Abb. 12). Dieses Ereignis wurde von M. Ostermann (nach iPoint) mit Hilfe von Radioisotopen genau datiert. Demnach stürzten erst vor 4150 ± 150 Jahren Hauptdolomitmassen, ausgelöst durch tektonische Störungen, von Westen (Kreuzjoch) herab und wälzten sich bis Biberwier im Nordosten und Nassereith im Süden.

Selaginella helvetica hatte schon ein paar Tausend Jahre vorher diese Stelle passiert und so, wie oben beschrieben, ziemlich leicht ins Außerfern gefunden. Mit dem Bergsturz wurde schlagartig die frühere Vegetation begraben. Neben groben Gesteinstrümmern fiel auch feineres Material bis zu Unmengen von Staub an, der sich absetzte und von Niederschlägen verschwemmt wurde. Pionierarten eroberten die freien Flächen und werden im großen Ganzen den Startschuss zu ähnlichen Vorgängen gegeben haben, die man z. B. noch in den Sukzessionsstadien am frei fließenden Tiroler Lech beobachten kann. Der größte Waldanteil am Fernpass wird aktuell von bodenbasischen Kiefernwäldern (Erico-Pinetum und Molinio-Pinetum) (SCHIECHTL 1987) mit *Pinus sylvestris* und *Pinus mugo* eingenommen, die sich vor 4000 Jahren rasch von den nicht zerstörten Restflächen an den Talrändern ausbreiteten. Nach KRAL (1989) stellen sie echte Reliktwälder dar, während abseits der Bergsturzmassen anspruchsvollere Baumarten die Kiefern zurückgedrängt haben.

Man kann annehmen, dass dieses Ereignis auch das Vorkommen des Schweizer Moosfarns beeinflusst hat. Von nicht verschütteten Stellen im Süden könnte er sich, vom Wind angeweht, auf freien Flächen mit feinerem Material den Absturzmassen genähert haben. So ließen sich die tief liegenden Fundstellen zwischen Nassereith bis zum Fernsteinsee erklären. Auf der Nordseite herrscht eine ähnliche Situation. Tief unten am Blindsee und unweit des Weißensees gibt es Vorkommen. Auf der höheren Sattelregion ist bisher nichts gefunden worden – mit zwei Ausnahmen. Beide Stellen liegen unmittelbar neben bzw. auf der Trasse des „Römerwegs“ bzw. eines mittelalterlichen Passübergangs (vgl. Kapitel 7.2).

Durch den Bergsturz war auch der Abfluss aus dem Lermooser Becken nach Süden unterbrochen und es bildete sich ein Stausee, der sich nach dem Loisach-Durchbruch nördlich von Ehrwald wieder leerte, und worauf Mooswachstum einsetzte (KRAL 1989). Im Bereich des Durchbruchs findet man den Moosfarn etwas unüblich mehrmals an kleinen Felsen, die in lichterem Teilen des Waldes herumliegen. Man kann sich des Eindrucks nicht erwehren, als ob er dort beim Auslaufen des Sees an vegetationsarmen Flecken „hängengeblieben“ wäre.

7.2 Anthropogene Einflüsse

Fast alle Standorte im Alpenvorland sind mehr oder weniger durch menschliche Tätigkeit gefördert oder ermöglicht worden. Nach KÜSTER (1995) haben schon die ersten Rodungen dazu geführt, dass durch größere Hochwasserspitzen die Erosion im Oberlauf der Flüsse verstärkt wurde, diese sich tiefer einschnitten und sich neue Terrassenkanten bildeten. Einige starke Hochwässer der letzten Jahre vermitteln eine Vorstellung, welche Dynamik in der Vergangenheit in den Auen herrschte (Abb. 18 und 19). Dem Auwald wurden Flächen entrissen, Bäume weggeschwemmt, neue Kiesbänke angelegt, Sand- und Schlamm­bänke bis weitab vom Ufer abgelagert.

Im 2. Kapitel wurde schon erwähnt, welche günstigen Plätze die Streifen unter alten Zäunen flussnaher Weiden darstellen. Doch wie sind sie entstanden? Die natürliche potentielle Vege-

tation z.B. an der Wertach wäre dort der Grauerlen-Auwald (SEIBERT 1968), der sich aber nicht durchgehend ausbilden konnte, weil er entweder immer wieder auf frühere Sukzessionsstadien zurückgeworfen wurde oder anthropogenen Ersatzgesellschaften Platz machen musste. In die für Ackerbau wegen Überschwemmungsgefahr und zu steinigere Böden (KÜSTER a.a.O.) ungeeigneten Gebiete der Allmende wurde das Vieh getrieben, das den Auwald auflichtete und die Vegetation kurz hielt. Wie wichtig die weidenden Tiere für den Erhalt des Schweizer Moosfarns sind, sieht man an Stellen, wo nur für ein oder zwei Jahre das Abgrasen unterbleibt (Abb. 20). An mehreren Stellen im mittleren Wertachtal sind dadurch Bestände, die ohnehin schon klein waren, völlig zusammen gebrochen (vgl. Karte 4).

SCHRETZENMAYR (1950) berichtet, wie an der Isar bei Lenggries, wo *Selaginella helvetica* in Halbtrockenrasen und als Begleiter in *Dryas*-Fluren wächst, Erlen und Weiden gerodet wurden, um dem Vieh einen besseren Zugang zu den sich im Laufe der Sukzession immer mehr schließenden Rasen zu ermöglichen und dass die im Winter ausgehungerten Schafe und Ziegen vor dem Almauftrieb über das frische Grün in den Auen herfielen, desgleichen nach dem Abtrieb im Herbst, bei dem die Triebe und vorgebildeten Knospen konkurrierender Gewächse abgebissen wurden.

Der Verfasser sah den Schweizer Moosfarn zum ersten Mal als Student bei einer Exkursion in die Pupplinger Au mit einem der wenigen natürlichen Vorkommen im Alpenvorland. Solche gab es früher vermehrt auch an Lech (vgl. KARL 1954) und Inn. Inzwischen sind dort die Dämme von aufeinander folgenden Stauseen zu Ersatzbiotopen geworden. Wie die Pflanze aus den Auen an die Böschungen kam, hat man kaum direkt beobachtet (in dieser Zeit blutete eher das Herz der Botaniker...). Eine Verschleppung durch Bagger und Schubraupen, in günstigen Fällen auch Sporenanflug, ist wahrscheinlich.

An der Wertach südlich von Biessenhofen (Landkreis Ostallgäu) wurde im Jahre 2007 die Dammkrone zum Hochwasserschutz für den Ort erhöht. Auf diesem Abschnitt gab es in den Achtzigerjahren des vorigen Jahrhunderts zwei etwa 300 m voneinander entfernte Stellen mit *Selaginella helvetica* im Halbtrockenrasen. Mehrmalige Inspektionen in den folgenden Jahren brachten nur negative Ergebnisse. Die Überraschung war groß, als im Frühjahr 2010 auf der ganzen Strecke ca. 70 kleine bis zu handtellergröße Polster an der noch nicht völlig zugewachsenen Böschung registriert werden konnten. Offensichtlich sind die im Gräserfilz verborgenen Reste durch die Baumaschinen gleichmäßig verteilt worden. Im Herbst desselben Jahres konnte an Ort und Stelle beobachtet werden, wie auch nach dem maschinellen Mähen des Dammes einzelne Sprosssteile abgerissen herum lagen.

Doch nicht nur Dämme an Gewässern werden besiedelt. Bahndämme, die oft aus einer Zeit stammen, als die umgebende Natur noch weniger ausgeräumt war, übernahmen den Moosfarn aus benachbarten Auen oder im Gebirge aus dem nahen Umfeld des Geländes. Auch von einem Fundort an einer Autobahnböschung südlich von Salzburg wird berichtet (Sabotag 2013).

Bei vielen Suchaktionen wird *Selaginella helvetica* an Wegrändern und auf wenig benutzten Feldwegen beobachtet. Schaut man sich dann im „Hinterland“ weiter um, ist meist nichts mehr zu finden. Fehlende Düngung, etwas dichter, lehmiger Boden, offene Stellen, das Fehlen von trittempfindlicheren Konkurrenten und kleine Überhänge am Rand ergeben an diesen Stellen manchmal günstige Bedingungen. Am Gurglbach südlich von Nassereith wächst *Selaginella helvetica* z. B. mitten auf einem feuchten Weg zwischen Bach und Auwald und an der Fernpass-Südrampe über eine Strecke von etwa 50 m in der Mulde früherer Wagengleise. KÜSTER (a.a.O.) zeigt eindrucksvoll, wie sich alte Wagenspuren an einer Auf-



Abb. 17: *Selaginella helvetica* nahe an der Erosionskante eines Bergbaches (Weißlehnbach südlich Griesen bei Garmisch/Bayern). – **Abb. 18:** Pfingsthochwasser 1999 an der Wertach; im abgebildeten Bereich lagen zwei Wuchsorte von *Selaginella helvetica* (südlich Thalhofen bei Marktoberdorf/Ostallgäu/Bayern). – **Abb. 19:** Pfingsthochwasser 1999 an der Wertach, Anschwemmung von neuen Sandbänken (südlich Biessenhofen/Ostallgäu/Bayern). – **Abb. 20:** Wuchsort von *S. helvetica* nach zwei Jahren fehlender Beweidung erloschen (östlich Biessenhofen/Ostallgäu/Bayern).

fahrt zu einem Pass der Schwäbischen Alb breit gefächert in das Gelände eingruben. Es ist durchaus vorstellbar, dass der Schweizer Moosfarn die „zweite“ Überwindung des Fernpasses mit Hilfe des Menschen geschafft hat.

Verdichtete, abgescherte Böden hinterlassen auch Pistenraupen für die Präparation von Schiabfahrten. Auf einer solchen südöstlich von Vils in Tirol (Abb. 21) deckt der Moosfarn viele Quadratmeter eines Hangs. Eine Ausbreitung durch die Maschinen (Abb. 22) und auch Selbstansiedlung aus einem reichen Vorkommen in der angrenzenden Nachbarschaft sind die Ursache für diese Fülle. Durch langwährende günstige Umstände hat sich hier der größte Bestand von *Selaginella helvetica* erhalten, der im Allgäu und Außerfern bekannt ist (Karte 5): Er liegt auf einem nordostexponierten, im Mittel neun Grad geneigten Schuttkegel, der von einem Bach mit Geröllführung aus Carbonatgestein durchzogen wird. Dieser verlagert sich in längeren Zeitintervallen und schafft dabei neue Rinnen, während die älteren langsam zuwachsen. Dazwischen entstanden wie vielerorts im periglazialen Bereich auf Lockermaterial „Buckelfluren“ (Abb. 23), die aus hoch gewürgtem, verwittertem, mit Taschen aus Parabraunerde durchsetztem Material bestehen (ENGELSCHALK 1971). Auf diesem günstigen Substrat konnte der Moosfarn trotz ständigen Konkurrenzdrucks von Moosarten durch das Angebot verschiedener Expositionen einen zusagenden Platz finden. Eingebettete Steine werden be-

vorzugt auf ihrer freiliegenden Oberseite überwachsen (Abb. 24). Und dennoch würde dieses Gelände langsam vom montanen Fichten-Tannen-Buchenwald bedeckt werden, wenn nicht die Alpbeweidung für den Erhalt der Ersatzgesellschaften sorgte.

Wie Natureingriffe unbeabsichtigt fördernd wirken, ist in den letzten Jahren an der Loischach südlich von Griesen zu beobachten. Nahe der Mündung des stark geröllführenden Weißlehnbaches (Abb. 25) ist der Moosfarn am natürlichen Ufer nur spärlich zu finden, kommt jedoch an einer Stelle, wo mit einer Planierraupe der grobe Schotter entfernt wurde und fein verwitterter, lehmiger Untergrund zutage tritt, zur flächenhaften Entfaltung (Abb. 26).

Mehr als Kuriosum kann hier noch die Besiedlung von Mauern angeführt werden. Diese von Felsen nicht sehr verschiedenen Biotope sind in geologisch jüngster Zeit und je nach Geschichte und Schicksal eines Gebäudes erreicht worden. Ruine Ehrenberg bei Reutte an der gleichnamigen Klause, seit gut 200 Jahren im Zerfall, trägt auf einer leicht zugänglichen Stelle an der nördlichen Mauerkrone einige schöne Polster, die Kälte und Sonne trotzten (Abb. 27). In der Nähe liegt ein Vorkommen an einer beschatteten Mauer; beide können durch Sporenflug aus der Umgebung oder durch Verschleppung mit Baustoffen erklärt werden. Ein anderes Beispiel ist das Vorkommen auf der Burg Hochosterwitz in Kärnten. Auf diesem imposanten, isoliert stehenden Felsen gedieh der Schweizer Moosfarn vielleicht schon lange vor der Errichtung des Bauwerks.

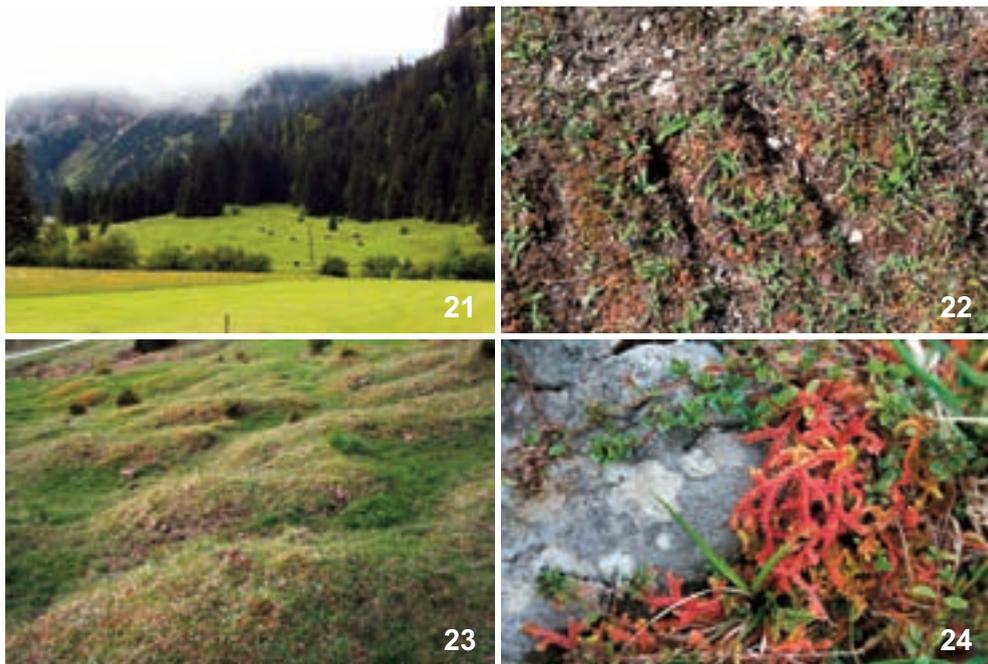


Abb. 21: Ansicht einer extensiv beweideten Fläche auf einem Schuttkegel südöstlich von Vils/Tirol (vgl. Karte 5). – **Abb. 22:** *Selaginella helvetica* auf dem abgescherten Boden einer präparierten Schipiste oberhalb des dieses Schuttkegels. – **Abb. 23:** Buckelfluren mit mehrfachem Vorkommen von *Selaginella helvetica* (ebenda). – **Abb. 24:** *Selaginella helvetica* an steinigen Stellen (ebenda).

8. Aktuelle Situation der Bestände

Der im vorigen Kapitel beschriebene Bestand nahe Vils lag im Uferbereich des angenommenen „Pfrontener Sees“ (siehe Kapitel 6) oder eines breiten Kiesbetts des vorbei ziehenden Lechs, auf dem wie heute (vgl. Karte 5) *Selaginella helvetica* auf dem Wasserweg theoretisch weiter transportiert werden kann. So haben sich die Bedingungen in dieser Gegend über mehrere tausend Jahre nicht grundlegend verändert. Solche reichen Vorkommen innerhalb der Alpen werden sich weiterhin selbst verjüngen und können Ausgangspunkt für die Ansiedlung auf neuen natürlichen oder künstlichen Siedlungsflächen sein. Allerdings ist durch zunehmende Siedlungstätigkeit mit ausuferndem Tourismus, veränderte landwirtschaftliche Nutzung, Ausbau von Verkehrswegen und Fließgewässern usw. auch im Gebirge ein Rückgang der Bestände zu erwarten. Kurzfristig entstehende Massenvorkommen auf künstlich geschaffenen Flächen wie Schipisten, Dämmen und dergleichen sind für ein dauerhaftes Überleben kein Ersatz.

Im Alpenvorland ist die Situation noch wesentlich problematischer. Die letzten natürlichen Standorte sind selten, werden entweder Opfer intensiver Landwirtschaft oder können sich durch die fortschreitende Sukzession nicht mehr halten. Durch den Bau von Staudämmen sind zwar neue potentielle Standorte geschaffen worden, eine natürliche Flussdynamik, die immer wieder offene Stellen liefert, gibt es dadurch aber nicht mehr.

An älteren Dämmen verdichtet sich die Vegetation trotz jährlichen Abmähens mit den Jahren immer stärker, so dass anfangs reiche Bestände zusammenbrechen. Durch rechtzeitige künstliche Schaffung offener Flächen in allernächster Nachbarschaft könnte man dem gänzlichen Erlöschen entgegen wirken. Nördlich von Füssen wurde z. B. eine neu angelegte Pionierfläche neben dem Foggensee, die auch anderen bedrohten Arten wie *Linum viscosum* zum Überleben hilft, angenommen. Ein ähnlicher Vorgang wie in Kapitel 7.2 beschrieben (überra-



Karte 5: Der Bestand von *Selaginella helvetica* bei Vils (Tirol) nach Aufnahmen vom 4.5.2011, 10.5.2011, 22.10.2011 und 21.9.2012

Grundlage der Skizze: AV-Karte Bayerische Alpen – Tannheimer Berge 1:25 000 BY 5; Google Maps und eigene Notizen

schendes Auftauchen an renoviertem Damm) geschieht möglicherweise zurzeit auch an der Wertach südlich von Ebenhofen (Landkreis Ostallgäu). 1972 gab es einen Fund nahe des Stauwehrrs, der inzwischen nicht mehr nachweisbar ist. Der Damm wurde 2002 erhöht und die südseitigen Böschungen entwickeln nun sich zum Halbtrockenrasen. Etwa 20 bis 100 m vom Damm entfernt existieren noch mindestens drei Moosfarnflecken am Rand von Weideflächen.

Grundsätzlich sind die Vorkommen unter den Zäunen der Viehweiden (Abb. 28) allesamt sehr bedroht (vgl. Karte 4). Erstens handelt es sich um kleine und kleinste Bereiche, die auf jegliche Störung wie Verlegung eines Zaunes, kurzzeitig (wenige Jahre reichen) ausbleibende Beweidung, Einebnungen und dergleichen, auch im Rahmen von Flurbereinigungen, sehr empfindlich reagieren, zweitens ist von solchen Standorten aus kaum eine natürliche Regeneration möglich. Oftmals werden an kleinen Polstern kaum Sporenlöhren gebildet. Die Chancen durch selbstständige Ausbreitung auf einen auch nur zehn Meter entfernten frischen Maulwurfshügel zu kommen, sind sehr gering. Trotz gründlicher Suche an potentiellen Standorten in Nachbarbereichen zeigt sich in dem gut erforschten Wertachgebiet immer eine strenge Bindung an den Fluss und seinen Hochwasserbereich und innerhalb von diesem an ehemalige Fließrinnen und Terrassenkanten. Die Ausbreitungstendenz ist schwach bis nicht mehr vorhanden. Im Grunde ist ja schon durch die fortschreitende Vegetationsentwicklung im Postglazial eine weitere Ausdehnung des Areals gebremst worden und der Grad der Verbreitung im Alpenvorland wurden sozusagen „eingefroren“. Dass doch noch viele Wuchsorte bis heute (d.h. auch bis vor einigen Jahrzehnten) existieren, ist ein Glücksfall, den wir der relativen Unversehrtheit und dem naturnahen Charakter der Voralpenlandschaft, teils mit bewahrt durch eine maßvolle Landwirtschaft, verdanken.

Wir erleben das Ausklingen einer Pflanzenart, die im Alpenvorland ihre Hoch-Zeit im Spät- und frühen Postglazial aufgrund natürlicher Umstände hatte, anfangs durch menschliche Tätigkeit nicht gestört, ja sogar gefördert wurde, aber im letzten Jahrhundert durch Intensivierung des Anbaus, Flussverbauung (trotz der „Rettungsdämme“) und alle Arten flächenzehrenden Raubbaus an noch naturnahen Flächen immer seltener geworden ist. Es geht nicht nur darum, dass eine zwar unscheinbare, aber bemerkenswerte Pflanzenart jetzt da und dort nicht mehr vorkommt (späteren Botanikern reichen meist die Literaturangaben und Herbarbelege), sondern dass ja noch viel mehr verschwindet. Nimmt man den Verbreitungsatlas von Bayern zu Hand, staunt man über die weite Verbreitung, z. B. von *Gentiana verna* und *clusii*, *Primula farinosa*, auch von sehr selten gewordenen Arten wie *Daphne cneorum*, *Lilium bulbiferum*, *Myricaria germanica* und anderen dealpinen und präalpinen Sippen. Deren Verbreitungsbild stimmt mit der aktuellen Situation nicht mehr überein. Ihr schleichendes Verschwinden vom nördlichen Vorland zum Alpenrand hin und manch' endgültiger Verlust stellen eine große Verarmung unserer Landschaft dar.

9. Danksagung

Bei der Suche nach Informationen erhielt ich wertvolle Unterstützung durch verschiedene Personen, denen an dieser Stelle herzlich gedankt wird: Herrn Michael Jutzi von Infoflora für Ratschläge im Umgang mit Schweizer Daten, Herrn Dr. Wolfgang Lippert, Gröbenzell, für die erste Anregung zu dieser Arbeit und kritische Durchsicht des Manuskripts, Herrn Martin Mohr vom Wasserwirtschaftsamt Kempten für Auskünfte über die Wertachdämme, Herrn Prof. Harald Niklfeld, Wien, für eine Fülle von Informationen aus der aktuellen Kartierung Österreichs, Slo-



Abb. 25: Schlucht des Weißlehnbachs vor der Mündung in die Loisach (südlich Griesen bei Garmisch/Bayern). – **Abb. 26:** *Selaginella helvetica* auf maschinell zusammen geschobenen, lehmigen Geröllmassen am Weißlehnbach (südlich Griesen bei Garmisch/Bayern). – **Abb. 27:** *Selaginella helvetica* auf der Mauerkrone von Ruine Ehrenberg (südlich Reutte/Tirol). – **Abb. 28:** Günstige Bedingungen für *S. helvetica* im Alpenvorland an Wegrändern und Weideflächen (nahe E-Werk am Wertachstausee bei Frankenhofen/Ostallgäu/Bayern)

weniens und Südtirols. Herrn Mag. Peter Pils, Salzburg, für die Zusammenstellung zahlreicher Daten aus dem Salzburger Land und die Vermittlung von weiterem Material aus unserem Nachbarland, Herrn Prof. Herbert Scholz für die geduldige und rasche Beratung bei geologischen Problemen, Herrn Dr. Franz Schuhwerk, München, für die Unterstützung beim Umgang mit der Bibliothek der BBG und Herrn Dr. Walter Strobl, Salzburg, für seine Hilfe bei der Literatursuche. Ferner gilt der Dank meinem ehemaligen Lehrerkollegen Herrn Wolfgang Schmitz für die Übersetzung der Zusammenfassung und meinem Sohn Jonas Bauer für manche Anleitung bei der Arbeit mit Grafiken am PC.

Ein Dank besonderer Art gilt zum Schluss meinem früheren Münchener Hochschullehrer Herrn Prof. Andreas Bresinsky, dessen Dissertation für mich bis heute eine immer währende Anregung geblieben ist, sich mit der reichen Flora des Alpenvorlandes zu beschäftigen und dem Reiz zum Nachdenken, den Verbreitungskarten ausüben, zu erliegen.

Literatur

- ADE, A. 1901: Flora des Bodenseegebietes. – Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft **8**: 3-127.*
 AESCHIMANN, D., LAUBER K. & MOSER D. 2004: Flora alpina, Bd. 1. – Haupt Verlag Bern, Stuttgart, Wien.*
 BAUER, J. 1981: Die Verbreitung von *Selaginella helvetica* im Allgäu und Außerfern. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Arbeitskreises Kempten **25/1**: 7-16.*

- BAUER, J. 2005: Bemerkenswerte Pflanzenfunde in der östlichen Nachbarschaft des Allgäus (Lechrain, Ammergau, Tiroler Lechseitentäler). – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Arbeitskreises Kempten **40**: 31-40.*
- BAUER, J. 2007: Pflanzenfunde in den östlichen Lechtaler Alpen aus dem Jahre 2006. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Arbeitskreises Kempten **42**: 65-71.*
- BAUER, J. 2009: Pflanzenfunde aus den östlichen Lechtaler Alpen aus den Jahren 2007 und 2008. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Arbeitskreises Kempten **44**: 45-52.*
- BAUER, J. 2010: Pflanzenfunde aus den Ammergauer und östlichen Lechtaler Alpen aus den Jahren 2009 und 2010. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Arbeitskreises Kempten **45**: 17-28.*
- BAUER, J. 2011: Notizen zur Flora des Allgäus aus den Jahren 2009 und 2010. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Arbeitskreises Kempten **46**: 9-26.*
- BAUER, J. 2012: Notizen zur Flora des Allgäus aus dem Jahr 2011. – Naturkundliche Beiträge aus dem Allgäu (ehemals Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Arbeitskreises Kempten) **47**: 15-28.*
- BAUER, J. 2013: Pflanzenfunde aus den Ammergauer und östlichen Lechtaler Alpen aus den Jahren 2011 und 2012. – Naturkundliche Beiträge aus dem Allgäu **48** (Manuskript).*
- Bayerischer Klimaforschungsverbund (BayFORKLIM) (Hrsg.) 1996: Klimaatlas von Bayern. – München.
- BECK, R. & WILHALM, T. 2010: Die Farnpflanzen Südtirols. – Naturmuseum Südtirol, Bozen.**
- BENL, G. & KIEM, J. 1963: Florenlisten aus dem Gardasee-Gebiet. – Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft **36**: 9-11.*
- BONA, E. (Hrsg.), MARTINI F., NIKLFELD H. & PROSSER, F. 2005: Atlante corologico delle Pteridofite nell'Italia nordorientale, Distribution Atlas of the Pteridophytes of North-Eastern Italy. – Edizioni Osiride, Rovereto.**
- BONN, S. & POSCHLOD, P. 1998: Ausbreitungsbiologie der Pflanzen Mitteleuropas. – Quelle & Meyer, Wiesbaden.
- BORTENSCHLAGER, S. 1972: Der pollenanalytische Nachweis von Gletscher- und Klimaschwankungen in Mooren der Ostalpen. – Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft **85**(1-4): 113-122.
- BRANDNER, R. (Entwurf) 2006: Tirol-Atlas, Geologische Übersichtskarte von Tirol, Institut für Geographie / Abt. Landeskunde, Universität Innsbruck.
- BRESINSKY, A. 1965: Zur Kenntnis des circumalpinen Florenelementes im Vorland nördlich der Alpen. – Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft **38**: 5-67.**
- BRUCHMANN, H. 1919: Von der *Selaginella helvetica* im Vergleich mit den anderen europäischen *Selaginella*-Arten. – Flora **113**: 168-177.
- DALLA TORRE, K. W. V. 1927: Beiträge zur Flora von Tirol und Vorarlberg. – Veröffentlichungen des Museums Ferdinandeum Heft **27**: 1-120.
- DALLA TORRE, K.W.V. & SARNTHEIN, L. V. 1906 -1909: Flora der gefürsteten Grafschaft Tirol, des Landes Vorarlberg und des Fürstenthumes Liechtenstein. – Innsbruck.
- DÖRR, E. 1968: Flora des Allgäus 3. Teil: Farne und Farnartige. – Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft **40**: 7-16.*
- DÖRR, E. 2006: Botanische Allgäu-Notizen aus dem Jahre 2005. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Arbeitskreises Kempten **41**: 59-72.
- DÖRR, E. 2007: Botanische Allgäu-Notizen aus dem Jahre 2006. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Arbeitskreises Kempten **42**: 37-64.
- DÖRR, E. 2008: Botanische Allgäu-Notizen aus dem Jahre 2007. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Arbeitskreises Kempten **43**: 59-72.
- DÖRR, E. 2009: Botanische Allgäu-Notizen aus dem Jahre 2008. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Arbeitskreises Kempten **44**: 27-44.
- DÖRR, E. & LIPPERT W. 2001: Flora des Allgäus und seiner Umgebung. Bd. 1. – IHW Eching.*
- EBERLEIN, F., EDER F., HEIN, H. & LIPPERT, W. 2007: Interessante Nachweise von Pflanzenarten im südöstlichen Bayern. – Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft **77**: 163-186.*
- EGGENSBERGER, P. 1994: Die Pflanzengesellschaften der subalpinen und alpinen Stufe der Ammergauer Alpen und ihre Stellung in den Ostalpen. – Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft Beiheft 8, 3-239.

- ELLENBERG, H. 1974: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. – Scripta Geobotanica, Bd. 9, Göttingen.
- ENGELSCHALK, W. 1971: Alpine Buckelfluren, Untersuchungen zur Frage der Buckelwiesen im Bereich des eiszeitlichen Isargletschers. – Regensburger Geographische Schriften, 1: 7-163.
- Floristische Kartierung Österreichs: *Selaginella helvetica*. – (Unveröffentlichte digitale Raster-Verbreitungskarte, im März 2013 zur Verfügung gestellt vom Projektleiter H. Niklfeld, Universität Wien).**
- FRAHM, J.-P. 2001: Biologie der Moose. – Spektrum, Heidelberg, Berlin.
- FRANZ, H. 1979: Ökologie der Hochgebirge. – Ulmer, Stuttgart.
- GRIMS, F. 2007: Flora und Vegetation des Sauwaldes und der angrenzenden Täler von Pram, Inn und Donau. – Stapfia 87.*
- HANDEL-MAZETTI, H. v. 1943: Zur floristischen Erforschung des ehemaligen Landes Tirol und Vorarlberg. – Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft 26: 56-80.*
- HEGI, G., MERXMÜLLER H. & REISIGL H. 1977: Alpenflora. – Parey, Berlin, Hamburg.
- HEGI, G. 1984: Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Bd. 1. – Parey, Berlin, Hamburg.
- HEPP, E. 1954: Neue Beobachtungen von Phanerogamen und Gefäßkryptogamen von Bayern VIII/1. – Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft 30: 37-64.*
- HESS, H. A., LANDOLT, E. & HIRZEL, R. 1967: Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete, Band 1: Pteridophyta bis Caryophyllaceae. – Birkhäuser Basel, Boston, Stuttgart.
- HIEMEYER, F. (Hrsg.) 1978: Flora von Augsburg. – Bericht des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schwaben e.V. – Sonderband. **
- JERZ, H. 1981: Erläuterungen zur geologischen Karte von Bayern 1:500 000, Kapitel 9: Quartär. – Bayer. Geol. Landesamt München.
- JOGAN, N. (Hrsg.) et al. 2001: Gradivo za Atlas flore Slovenije, Materials for the Atlas of Flora of Slovenia. – Center za kartografijo favne in flora, Miklavz na Dravskem polju.**
- JUNG, W. 1967/68: *Selaginella selaginoides* (L.) Link in eiszeitlichen Ablagerungen des bayrischen Alpenvorlandes. – Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft 40: 51-52.
- KARL, J. 1954: Die Vegetation der Lechauen zwischen Füssen und Deutenhausen. – Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft 30: 65-72.
- KLEBELSBERG, R. 1913: Glazialgeologische Notizen vom bayrischen Alpenrande. – Zeitschrift für Gletscherkunde 7: 225-259.
- KRAL, F. 1989: Pollenanalytische Untersuchungen im Fernpassgebiet (Tirol): Zur Frage des Reliktcharakters der Bergsturz-Kiefernwälder. – Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Österreich 126: 127-138.
- KÜSTER, H. J. 1995: Geschichte der Landschaft in Mitteleuropa. – C.H. Beck, München.
- KUTZELNIGG, H. & DÜLL, R. 1989: Die Gefäßpflanzen des Pitztals/Tirol. – IDH-Verlag Bad Münstereifel-Ohlerath.*
- LIPPERT, W. 1992: Beiträge zur floristischen Kartierung Bayerns. – Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft, Beiheft 5.*
- MERXMÜLLER, H. 1952-1954: Untersuchungen zur Sippengliederung und Arealbildung in den Alpen. – Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Alpenpflanzen und -tiere: I: 17: 96-133, II: 18: 135-158, III: 19: 97-139.
- MEUSEL H., JÄGER E. & WEINERT E. 1965: Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. – Jena.
- MÜLLER-SCHNEIDER, P. (1983): Verbreitungsbiologie (Diasporologie) der Blütenpflanzen. – 3. Auflage, Veröffentlichungen des Geobotanischen Instituts der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Stiftung Rübel, Zürich, 61. Heft.
- MÜLLER-SCHNEIDER, P. (1986): Verbreitungsbiologie der Blütenpflanzen Graubündens. – Veröffentlichungen des Geobotanischen Instituts der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Stiftung Rübel, Zürich, 85. Heft.
- NIKLFELD, H. 1972: Der niederösterreichische Alpenostrand - ein Glazialrefugium montaner Pflanzensippen. – Jahrbuch zum Schutze der Alpenpflanzen und -tiere, Bd. 37.
- PATZELT, G. 1972: Die spätglazialen Stadien und postglazialen Schwankungen von Ostalpenglazialern. – Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 85(1-4): 47-57.

- PENCK, A. 1882: Die Vergletscherung der Deutschen Alpen. – J. A. Barth, Leipzig.
- POLATSCHKE, A. 2000: Flora von Nordtirol, Osttirol und Vorarlberg, Bd. 3. – Innsbruck.*
- Salzburger Botanische Arbeitsgemeinschaft (Sabotag) 2013: Unveröffentlichte Funde aus der Kartierungsdatenbank, Auswertungsdatum Jänner 2013.*
- SCHIECHTL, H. M. (Entwurf) 1987: Tirol Atlas, aktuelle Vegetation. – Institut für Geographie / Abt. Landeskunde, Universität Innsbruck.
- SCHMEIDL, H. 1972: Zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte am Nordrand der bayer. Voralpen. – Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft **85**(1-4): 79-82.
- SCHÖNFELDER, P. & BRESINSKY A. 1990: Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Bayerns. – Ulmer Stuttgart.**
- SCHOLZ, H. 1995: Bau und Werden der Allgäuer Landschaft. – Schweizerbart, Stuttgart.
- SCHRETZENMAYR M. 1950: Sukzessionsverhältnisse der Isarauen südlich Lenggries. – Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft **28**: 19-63.
- SEBALD, O., SEYBOLD, S., PHILIPPI, G. & WÖRZ, A. (Hrsg.) 1990: Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs, Bd. 1. – Ulmer Stuttgart.*
- SEIBERT, P. 1968: Übersichtskarte der natürlichen Vegetationsgebiete von Bayern 1:500 000 mit Erläuterungen. – Schriftenreihe für Vegetationskunde **3**: 7-84.
- SEITTER, H. 1977: Die Flora des Fürstentums Liechtenstein. – Botanisch-zoologische Gesellschaft Liechtenstein-Sargans-Werdenberg, Vaduz.*
- SPRINGER, S. 2007: Vor den Toren der Stadt - Pflanzen des Isartales. – Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft **81**: 152-155.*
- STROBL, W. 1996: Bemerkenswerte Funde von Gefäßpflanzen im Bundesland Salzburg. – Mitteilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde **136**.*
- VOLLMANN, F. 1914: Flora von Bayern. – Ulmer Stuttgart.*
- WALTER, H. 1973: Allgemeine Geobotanik. – Ulmer Stuttgart.
- WELTEN, M. & SUTTER, R. 1982: Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz, Vol. 1. – Birkhäuser Basel, Boston, Stuttgart.**
- ZACHER, W. 1966: Geologische Karte von Bayern 1:25 000, mit Erläuterungen. – Bayerisches Geologisches Landesamt, München.
- ZOLLER, H., MÜLLER H. J. & KLEIBER H. 1972: Zur Grenze Pleistozän/Holozän in den östlichen Schweizer Alpen. – Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft **85**(1-4): 59-67.

Internetadressen (mit Datum des letzten Aufrufs)

- Botanischer Informationsknoten Bayern BIB (20. 2. 2013) http://www.bayernflora.de/de.info_pflanzen.php **
- FLORAWEB (16.2.2013): Datenbank Gefäßpflanzen (Florkart) am Bundesamt für Naturschutz 12/2006 <http://www.flora.de> *
- Hertel, E. 2005 (16.2.2013): Der „Schweizer Moosfarn“ im Fichtelgebirge? <http://www.flora.uni-bayreuth.de>
- Oeggel, K. & Nicolussi, K. 2008 (5.3.2013): Prähistorische Besiedlung von zentralen Alpentälern in Bezug zur Klimaentwicklung www.uibk.ac.at/alpinerraum/publications/vol6/oeggel.pdf
- iPoint – das Informationsportal der Universität Innsbruck (24.1.2013): weltweit neue Methode zur Altersdatierung von Bergstürzen (Ausgabe vom 22.3.2007) <http://www.uibk.ac.at/ipoint/>
- Kuhn, C. 2002 (18.2.2013): <http://www.8ung.at/geologie/gfernp.htm>
- Swiss web flora (20.2.2013) <http://www.wsl.ch/land/products/webflora-de.ehtml> **
- ZOBODAT (15.2.2013) Botanische Datenbank, Belege Selaginella helvetica Oberösterreich <http://www.zobodat.at> **
- Info Flora (21.3.2013) info.flora.ch/de/flora/11-selaginella-helvetica.html **

Alle Abbildungen vom Verfasser

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft zur Erforschung der Flora](#)

Jahr/Year: 2013

Band/Volume: [83](#)

Autor(en)/Author(s): Bauer Johann

Artikel/Article: [Zur postglazialen Arealerweiterung von Selaginella helvetica \(L.\) Spring in den nördlichen Alpen und deren Vorland 107-134](#)