

Über die Serpentin–Streifenfarne *Asplenium cuneifolium* Viv., *Asplenium adulterinum* Milde und ihre Verbreitung und Gefährdung in Bayern*

Von J. C. Vogel, London/Cambridge und S.-W. Breckle, Bielefeld

Zusammenfassung

Im Rahmen von Kartierungen in Oberfranken und der Oberpfalz in Bayern/Deutschland wurden 75 Serpentinstandorte untersucht. Es konnten an 22 Orten Vorkommen der Serpentinstreifenfarnarten *Asplenium adulterinum* und *Asplenium cuneifolium* festgestellt werden. Faßt man die historischen und aktuellen Daten zusammen, so sind von den ursprünglich insgesamt 26 bekannten Wuchsorten 4 zerstört, 12 vom Aussterben bedroht, 3 stark gefährdet, und nur an 7 ist der Farnbestand gesichert. Auf der Populationsebene bedeutet dieses, daß von ehemals 43 Populationen 13 erloschen, 14 vom Aussterben bedroht, 4 stark gefährdet und nur 12 vital sind. Zwei Drittel der bayerischen Farnstandorte und Populationen sind damit zerstört oder am Erlöschen. Der Gefährdungsgrad 1, d.h. vom Aussterben bedroht, wird für beide Arten und die Pflanzengesellschaft vorgeschlagen. Bundesweit liegen 83 % der Populationen in Bayern. Es werden die Gefährdungsursachen aufgezeigt und mögliche Pflegemaßnahmen vorgestellt.

Abstract

A survey had been carried out on 75 sites with serpentine rock in Northern Bavaria in Germany. In 1988–1991 30 populations of the rare and serpentine-restricted ferns *Asplenium adulterinum* and *Asplenium cuneifolium* could still have been found on 22 sites. The history of the search for these ferns is described and the actual distribution is listed. There had been a total of 26 sites with 43 fern populations. Two thirds (27) of all known populations are now destroyed or nearly driven to extinction. 4 populations are endangered and only 12 are vigorous. The reasons for the decline and possible activities for the protection and development of these interesting sites and the rare plants are described.

Einleitung

1987 legte R. R. BROOKS eine Arbeit unter dem Titel „Serpentine and its Vegetation“ vor. Diese Publikation ist der Versuch, alle verfügbaren Informationen über das Gestein Serpentin und die daran angepaßte Vegetation weltweit zusammenzufassen. Während hier für einzelne Länder Europas umfangreiche Arbeiten über diesen Themenkomplex aufgeführt sind, fehlt es in Deutschland und Mitteleuropa (ohne Österreich) an einer solchen Darstellung. Einzig GAUCKLER (1954) hat sich mit der Serpentinvegetation Bayerns beschäftigt.

Die hier vorgelegte Arbeit ist der erste Teil einer Darstellung der Flora und Vegetation auf Serpentinigestein in Deutschland und Mitteleuropa. Sie beschäftigt sich mit den in Deutsch-

* Herrn Prof. Dr. T. Reichstein zum 95. Geburtstag gewidmet.

land nur auf Serpentin wachsenden Streifenfarnarten *Asplenium cuneifolium*, dem Serpentin-Streifenfarn und *Asplenium adulterinum*, dem Braungrünen oder besser Grünspitzigen Streifenfarn.

1. Serpentinestein als Substrat

Serpentin ist der Name des Minerals, das Hauptgemengteil des Gesteins Serpentin ist (WAGENBRETH 1982). Serpentin ist ein metamorphes Eruptivgestein, das überwiegend aus Mg-Fe-Silikat-Mineralien besteht. Die Böden über diesem Gestein tragen überall auf der Welt ein von der Vegetation benachbarter Gebiete verschiedenes Pflanzenkleid (BROOKS 1987). Die Flora zeichnet sich oftmals durch einen hohen Prozentsatz endemischer Arten aus (KRUCKEBERG 1984). In fast allen unter dem Stichwort „Serpentin“ zusammengefaßten Gesteinen und in den daraus entstehenden Böden sind Nickel, Chrom und manchmal auch Kobalt als Schwermetalle in hohen Konzentrationen bei der Gesteinsverwitterung pflanzenverfügbar. Die Verfügbarkeit ist pH-Wert abhängig. Der pH-Wert an Serpentinstandorten schwankt zwischen 6 und knapp 9 (SASSE 1979, KRUCKEBERG 1984, BROOKS 1987). Der durchschnittliche pH-Wert von Serpentinstandorten wird bei BROOKS mit 6,8 angegeben. KRUCKEBERG nennt für seine Standorte einen Mittelwert von 7,2, im Vergleich zu einem Mittelwert von Nicht-Serpentinstandorten, den er mit 6,3 angibt. Werte um pH 6,8 -7,0 werden in mit Farnen bewachsenen Felsspalten gemessen (NOVÁK 1928, SASSE 1979).

Das Gestein zeichnet sich außerdem durch einen sehr hohen Gehalt an Mg^{++} -Ionen aus. Das Mg^{++}/Ca^{++} -Verhältnis liegt an den Standorten in Deutschland um 25:1 (SASSE 1979).

Folgende Variablen, für Pflanzen bedeutende „Serpentin“-Faktoren können festgestellt werden:

- Chrom-Ionen können im Boden Phosphate ausfällen,
- ein Überschuß an Mg^{++} kann die K^+ und Ca^{++} -Aufnahme hemmen,
- es kann Molybdänmangel auftreten,
- Ca^{++} -Mangel in Böden,
- die Schwermetalle hemmen die mikrobielle Nachlieferung von Stickstoff.

So kommen auf Serpentin nur Pflanzen vor, die sich den besonderen Standortbedingungen angepaßt haben und meistens nicht nur gegenüber einem Faktor resistent sind. Bedingt durch diese Faktoren treten insbesondere bei Bäumen Krüppelwuchs oder Kümmerwachstum bis hin zum Ausbleiben des Waldes in sonst waldfreundlichem Klima auf.

Folgende Strategien der Anpassung werden beobachtet:

- Anreicherung von Mangelionen,
- Ausschluß eines Überschußions,
- Ertragen eines für andere Pflanzen toxischen Ions.

Neue Zusammenfassungen zu den „Serpentinfaktoren“ und die Anpassung von Pflanzen finden sich bei PROCTER & WOODSELL (1975), KINZEL & WEBER (1982) und BROOKS (1987).

Die meistens konkurrenzschwachen und langsam wachsenden Arten auf Serpentinböden werden bei einer Melioration durch gezielte Düngung rasch überwuchert. Heute kommt es gerade in Nordbayern durch „Saure Depositionen“ zu einer gleichmäßigen Düngung der Landschaft mit Nährstoffeinträgen von mehreren Kilogramm Stickstoff/Jahr/Hektar oder auch zu einer Kationenzufuhr durch Staubbmissionen (BUNDESUMWELTAMT 1986).

2. Zur Geologie und Verbreitung des Serpentin in Bayern

Die ostbayerischen Serpentine sind auf Olivin-reiche Mafite zurückzuführen, die an Störungen oder Verwerfungen aufgestiegen sind. Eine genaue Definition beschreibt Serpentin als eine Gruppe von Mineralien mit der Formel $Mg_3 Si_2 O_5 (OH)_4$. Weiterhin wird Serpentin oft mit den Begriffen „Ultramafit“ und „Ultrabazit“ bezeichnet. Ultramafite sind

Eisenmagnesium-Silikate mit bis zu über 70% Mafit [MgFe], und Ultrabasite enthalten weniger als 45% Silikat (Wyllie 1967 und Coleman 1977).

Als Ausgangsmaterial des Serpentin in Nordbayern werden ultrabasische Differentiate (Peridotite bis Dunite) genannt (EMMERT 1968). Aufgrund seiner Verwitterungsbeständigkeit bildet Serpentin im Gelände oft herausragende Kuppen und Rippen oder eindrucksvolle Felsgruppen. Auf der anderen Seite sind viele der kleineren Vorkommen nur als Lesesteine belegbar. Das Gestein hat im frischen Zustand eine dunkelgrüne bis schwärzliche Färbung, oftmals ist es aber von einer weißlichen (Talkum-) oder bräunlichen Verwitterungsschicht aus Eisenabscheidungen überzogen (HAAS 1984).

Alle Vorkommen finden sich in Nordostbayern, und zwar in den alten herzynischen Mittelgebirgszügen des Frankenwaldes, Fichtelgebirges, des Vorderen Oberpfälzer- und Vorderen Bayerischen Waldes.

Der Schwerpunkt der oberfränkischen Vorkommen findet sich an den Rändern der Münchberger Gneismasse. In der Münchberger Gneismasse sind die Serpentinite an zwei

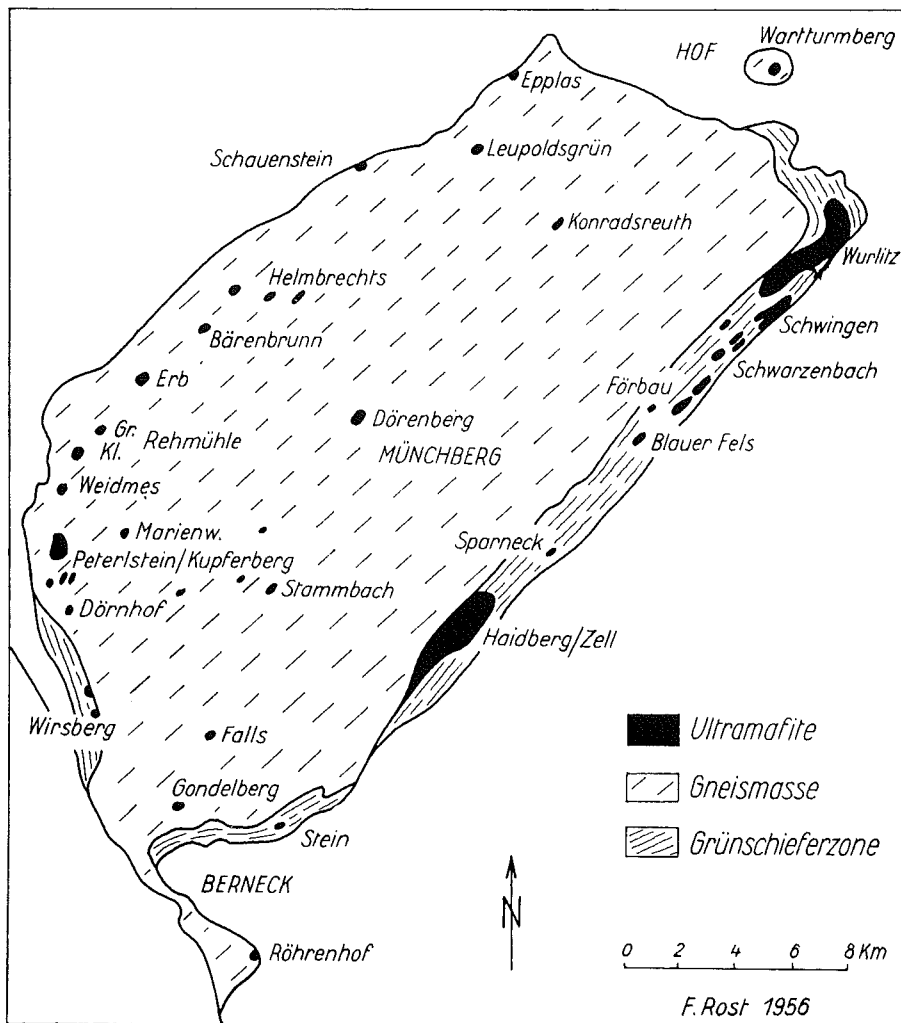


Abb. 1: Die Vorkommen ultrabasischer Gesteine in der Münchberger Gneismasse (aus: ROST 1956)

vielfach unterbrochene Züge gebunden, die das Gneismassiv im NW und SO begleiten. Im Westen der Gneismasse gelegen, finden sich die Vorkommen am Wartturmberg bei Hof, nördlich und westlich von Helmbrechts, bei Unfriedsdorf und mit zahlreichen Linsen bei Marktkeugast und Kupferberg. Hier ist insbesondere der Serpentinithärtling Peterleinstein zu nennen. Die Südostachse beginnt mit dem großen Serpentinithärtling Peterleinstein im Norden, dann bei Schwingen, Schwarzenbach a.d.Saale, der Serpentinithärtling bei Förbau (Haid-Berg), der Blaue Fels bei Götzmannsgrün, die kleinen Vorkommen auf Lesesteinhaufen bei Sparneck und der große Körper bei Zell. Im Bernecker Gneiskeil liegt das Vorkommen von Röhrenhof. Insgesamt befinden sich im Regierungsbezirk Oberfranken 45 Fundorte.

In der Erbdorfer Grünschieferzone (Oberpfalz) nimmt Serpentin ein durch Aufschiebungs-, Verschuppungs- und Bruchtektonik in einzelne Schollen gegliedertes Gebiet zwischen Grötschenreuth, Plärn, Thumsenreuth und Waffenhammer ein. Die wichtigsten Fundorte sind hier das NSG Föhrenbühl und der Kühstein östlich Erbdorf. Weitere Serpentinithärtlinge finden sich mit isolierten Vorkommen bei Bärnau, Wildenau, Floß, Kaimling und im Raum Eslarn/Schönsee. Im Raum Oberviechtach treten die Serpentine als schmale Züge und Linsen im Gneis an verschiedenen Standorten auf. Die größten Vorkommen hier sind der Haarbühl bei Niedermurach sowie der Kalvarien- und Galgenberg bei Winklarn. Insgesamt liegen im Regierungsbezirk Oberpfalz ca. 30 Fundorte von Serpentin. Die Serpentine des eigentlichen Oberpfälzer Waldes östlich der Waldnaab und der Naab können aus Chlorithornblendeperidotiten abgeleitet werden (KLINKHAMMER & ROST 1975). Weitere kleine Vorkommen liegen bei Rötze und Cham.

3. Andere ökologische Faktoren des Untersuchungsgebietes

Nach der naturräumlichen Gliederung Bayerns liegen die untersuchten Standorte in den Naturräumen Münchberger Hochfläche (393), Hohes Fichtelgebirge (394), Vorderer Oberpfälzer (401) und Vorderer Bayerischer Wald (405).

Pflanzengeographisch ist dieser Raum NO-Bayern dem eurasisch-subatlantischen Florengebiet zuzuordnen. Die Höhe der bayerischen Standorte liegt zwischen 450-730 m ü.NN. Teile des Gebietes können als Kälteinsel bezeichnet werden (HERATH 1952). Die mittlere Lufttemperatur liegt im Jahresdurchschnitt bei allen Standorten um 6°C. Im Januar liegt die mittlere wirkliche Lufttemperatur unter -3°C, und sie erreicht in der Vegetationsperiode nur 12-14°C. An den meisten Standorten werden weniger als 20 Sommertage (Höchstwert der Temperatur mindestens 25°C) erreicht, dagegen sind 120-140 Frosttage zu verzeichnen. An den Standorten Peterleinstein (MTB 5835), Röhrenhof (MTB 5936), Erbdorf (MTB 6138) und Laub (MTB 6441) liegen die Niederschläge über 900 mm/Jahr, im Regenschatten des Frankenwaldes beträgt der Niederschlag bei Woja/Wurlitz (MTB 5737) unter 700 mm, Floß (MTB 6239) hat 700 mm/Jahr und die Standorte bei Oberviechtach (MTB 6540) und im Frankenwald um 800 mm Niederschlag pro Jahr (KNOCH 1952; Folienkarten in SCHÖNFELDER et al. 1990).

Es ist interessant, diese Daten kurz mit denen der nordbayerischen Fundorte von *Asplenium adiantum-nigrum* zu vergleichen. Diese Art wächst z.B. im Maintal bei Obernburg (MTB 6221). Hier liegt die mittlere Lufttemperatur der Standorte des wintergrünen *Asplenium adiantum-nigrum* zwischen 8-9°C, im Januar liegt sie bei 0° (direkt im Maintal wird der Frost sicherlich noch gemildert) und an Niederschlag fallen nur 600 mm/a. Der Vergleich ist insofern interessant, als das sommergrüne *Asplenium cuneifolium* eines der Elternarten des allotetraploiden *Asplenium adiantum-nigrum* ist.

4. Die Streifenfarbe

Die Gattung *Asplenium* ist die artenreichste Farngattung überhaupt. Mehr als 50% der Arten sind polyploid (WALKER 1979). Die Familie der Aspleniaceae besteht weltweit aus 10 Gattungen und steht isoliert in der Unterklasse der leptosporangiaten Farne (KRAMER 1990).

Die europäischen *Asplenium*-Arten sind terrestrisch lebende, kleine bis mittelgroße Farne mit einem kurzen Rhizom. Die Gattung *Asplenium* ist auch in Mitteleuropa die artenreichste. In Deutschland gibt es 12 *Asplenium*-Arten, von denen 6 in der „Roten Liste“ stehen (KORNECK & SUKOPP 1988).

4.1 *Asplenium cuneifolium* Viv.

Asplenium cuneifolium ist ein diploider Farn mit der Chromosomen-Zahl $2n=72$ (LÖVE, LÖVE et PICH SERMOLLI 1977). Der Farn wurde 1808 von Viviani vom Monte Ramazzo bei Sestri Ponente nahe Genua in Italien beschrieben und ist dort heute noch zu finden (RASBACH et al. 1986). Er hat verschiedene Synonyme und wurde zeitweilig auch als Unterart zu *Asplenium adiantum-nigrum* gestellt. *Asplenium cuneifolium* ist *Asplenium adiantum-nigrum* morphologisch sehr ähnlich. Die Blätter von *Asplenium cuneifolium* sind jedoch glanzlos und meistens nicht überwintert. *Asplenium cuneifolium* kommt fast ausschließlich auf Serpentinitt oder anderem magnesiumreichem Gestein vor. Selten jedoch findet sich auch *Asplenium adiantum-nigrum* auf Serpentinitt, so in England (z.B. am Lizard, und zur daraus entstehenden Verwirrung siehe: SLEEP 1980, 1985; JERMY 1981) und Norditalien bei Verdasio im Valle Cannobio. *Asplenium adiantum-nigrum* ist eine allotetraploide Art mit $2n=144$ und stammt von *Asplenium cuneifolium* und *Asplenium onopteris* ab (SHIVAS 1969). Den *Asplenium adiantum-nigrum*-Komplex mit Sicherheit aufzuschließen und die Art zu bestimmen, erfordert eine Chromosomenzählung oder chemotaxonomische Untersuchungen (RICHARDSON et al. 1982 & 1983). Auch Sporenmerkmale können zur Bestimmung herangezogen werden (BENNERT et al. 1982).

Asplenium cuneifolium wächst gerne an Felsen oder in Geröll. Es bevorzugt sonnige Standorte und übersteht Trockenperioden. Wenn Wedel im Sommer vertrocknen, werden aus dem Rhizom sterile Wedel nachgebildet. Als pH-Wert sind an seinem Rhizom Werte bis maximal 7.4 gemessen worden (NOVÁK 1928). Das Areal von *Asplenium cuneifolium* ist eurasiatisch-submediterranean-subatlantisch (REICHSTEIN 1984; WALTER/STRAKA 1970). Es ist sicher nachgewiesen aus Italien, Frankreich, Deutschland, der CSFR, Polen, Rumänien, Ungarn, Jugoslawien, Griechenland und der Türkei (Abb. 2).

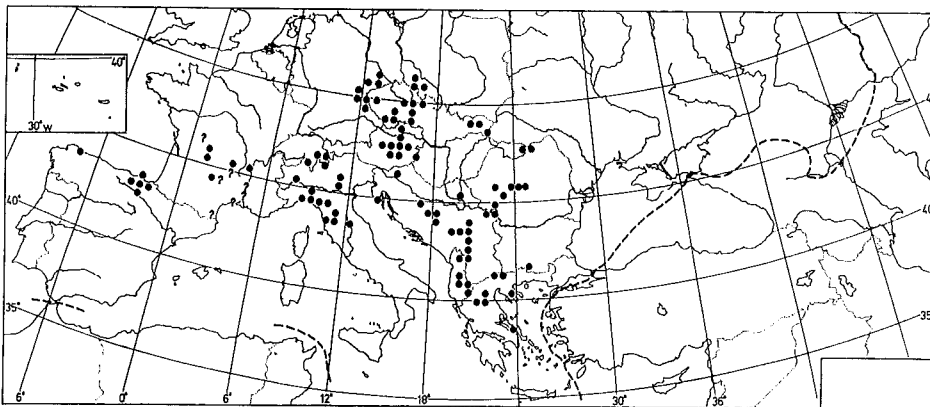


Abb. 2: Die Verbreitung von *Asplenium cuneifolium* in Europa (Karte aus JALAS & SUOMINEN 1972)

4.2 *Asplenium adulterinum* Milde

Asplenium adulterinum wurde 1865 von Milde beschrieben. Der Farn ist synonym mit *Asplenium fallax* Heufler (1856) und *Asplenium viride* Hudson var. *adulterinum* H. Hofmann

(1895). *Asplenium adulterinum* erregte in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts einiges Interesse. Gregor J. Mendel hatte den Farn in Kultur (NIESSL 1867), und SADEBECK (1887) behauptete, den Farn nach 6 Generationen in seinen vermuteten Ursprung, nämlich *Asplenium viride* zurückgeführt zu haben. HOFMANN (1895) glaubte in *Asplenium* × *poscharskyanum* den Übergang zwischen der Normal- und Serpentinform des *Asplenium viride* in der Natur gefunden zu haben. HEUFLER (1856) beschreibt *Asplenium adulterinum* erstmals aus Nordböhmen, äußert die Vermutung, daß es ein Bastard sein könnte, nennt ihn aber *Asplenium viride* var. *fallax*. MILDE (1865) bezeichnet *Asplenium adulterinum* als Bastard und gibt die richtigen Eltern (*Asplenium trichomanes* und *Asplenium viride*) an, widerruft die Bastardnatur aber 1868. Heuffler und Milde benutzen für die Namensgebung dasselbe Exemplar, welches von Karl in Nordböhmen gesammelt worden war.

Asplenium adulterinum ist eine allotetraploide Art mit $2n=144$ Chromosomen, die man heute in zwei Unterarten gliedert:

1. *Asplenium adulterinum* ssp. *adulterinum*, eine Sippe, die aus einer Kreuzung von diploidem *Asplenium trichomanes* ssp. *trichomanes* und diploidem *Asplenium viride* mit anschließender Chromosomenverdoppelung hervorgegangen ist. Die diploide Hybride *Asplenium* × *bavaricum* D. E. Meyer nssp. *protoadulterinum* (Lovis & Reichst.) Munoz Garm. (= *Asplenium* × *protoadulterinum* Lovis & Reichst.) (zur Nomenklatur DERRICK et al. 1987) wurde bislang nur in zwei Exemplaren gefunden. Sie bildet neben vielen abortierten Sporen einige keimfähige Diplosporen, aus denen sich das serpentinste *Asplenium adulterinum* ssp. *adulterinum* entwickeln kann. Dieser Prozeß wurde im Experiment nachvollzogen (LOVIS 1955; LOVIS & REICHSTEIN 1968).
2. *Asplenium adulterinum* ssp. *presolanense* Mokry et al. ist ebenfalls eine allotetraploide Sippe, vermutlich entstanden aus einer Kreuzung von diploidem *Asplenium trichomanes* ssp. *inexpectans* und diploidem *Asplenium viride* mit anschließender Chromosomenverdoppelung. Die diploide Hybride *Asplenium* × *bavaricum* D. E. Meyer nssp. *adulteriniforme* (Lovis, Melzer & Reichst.) Munoz Garm. (= *Asplenium* × *adulteriniforme* Lovis, Melzer & Reichst.) wurde in Österreich gefunden (MELZER 1966, 1973, 1988) und wird als Vorläufer der Subspecies *presolanense* angesehen. Diese Sippe wurde bislang auf Kalk und auf Gneis gefunden (MOKRY et al. 1986). Man kann vermuten, daß *Asplenium adulterinum* mit seiner disjunkten Verbreitung mehrfach entstanden ist und daß beide Sippen von *Asplenium adulterinum* heute noch entstehen können. Dieses wird derzeit über DNA-Analyse verschiedener Populationen untersucht.

Schon MILDE (1868) und LUERSSSEN (1889) machen Ausführungen über die Wuchskraft von *Asplenium adulterinum* an Serpentinfelsen. Auch wird immer wieder auf das Fehlen der Eltern hingewiesen. *Asplenium trichomanes* ssp. *trichomanes* wächst auf Silikatgestein bzw. Ca^{++} -armem Substrat, *Asplenium viride* hingegen bevorzugt basenreiches Substrat (REICHSTEIN 1984). Serpentin ist eines der wenigen Substrate, wo die Eltern zusammenwachsen können, es ist basenreich und enthält fast kein Calcium. Entscheidend für ein Überleben auf Serpentin sind Anpassungen an die speziellen Bedingungen, insbesondere an die oben beschriebenen „Serpentin-Faktoren“. Nehmen wir an, daß *Asplenium adulterinum* auf Serpentin entstanden ist und daß die Eltern sich an den Standort „Serpentin“ anpaßt hatten und z.B. die Fähigkeit erworben haben, mit hohen Schwermetallkonzentrationen im Boden zu leben. Sie vererben diese Eigenschaft nun, da beide Genome vollständig in der allotetraploiden Art enthalten sind, doppelt an diesen Nachkommen. Nehmen wir weiterhin einen „gene dosage“-Effekt an, so hätten wir eine Lösung, warum *Asplenium adulterinum* konkurrenzkräftiger als seine Vorfahren auf Serpentin ist. Diese „doppelte“ Resistenz könnte auch kaum durch Evolution verloren gehen. Eine Anpassung an toxische Schwermetallkonzentrationen benötigt spezielle metabolische Prozesse und Energie im Stoffwechsel (GRILL 1989, STEFFENS 1990). Mit dieser Resistenz und den dafür aufzubringenden Kosten ist *Asplenium adulterinum* zwar auf Serpentin wuchskräftiger als seine Eltern, es könnte aber an anderen Standorten diesen unterlegen und damit sozusagen auf Serpentin gefangen sein (vgl. HARD 1980, BASKIN 1988). Die hier geäußerten Hypothesen werden derzeit experimentell überprüft.

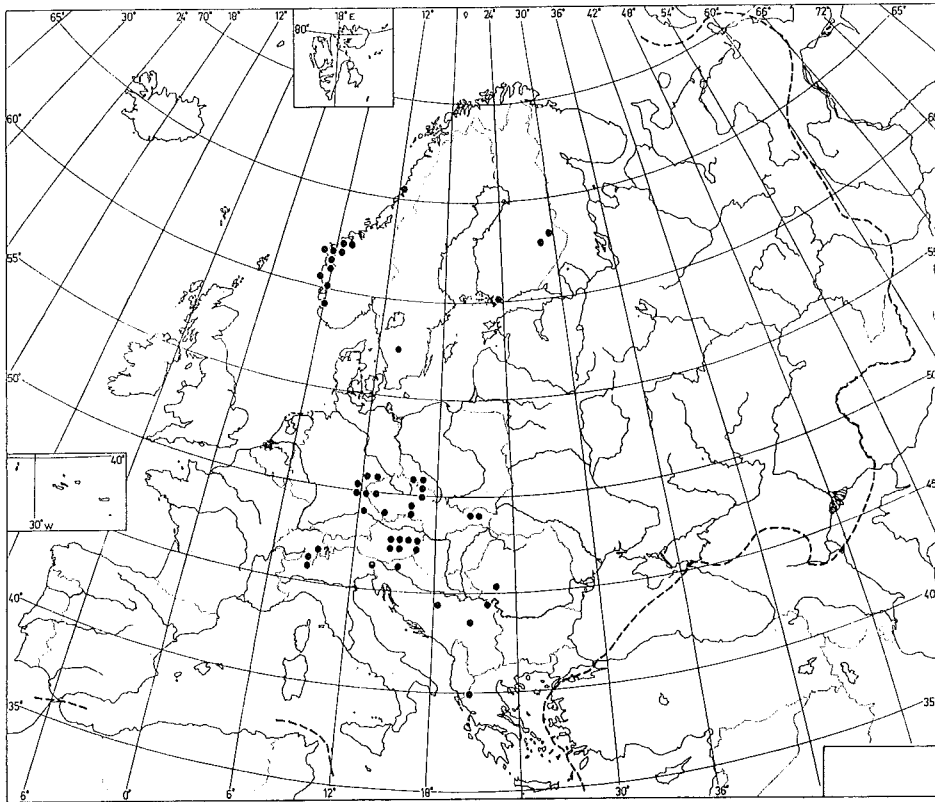


Abb. 3: Die Verbreitung von *Asplenium adulterinum* in Europa (Karte aus JALAS & SUOMINEN 1972)

Morphologisch steht *Asplenium adulterinum* zwischen den Eltern, die Rachis ist braun und an der Spitze grün. Der von MELZER (1986) vorgeschlagene Name „Grünspitziger Streifenfarn“ ist richtig, zumal Melzer auf Verwechslungsmöglichkeiten mit *Asplenium* × *poscharskeyanum* hinweist. *Asplenium adulterinum* wächst in Deutschland an luftfeuchten schattigen Felsen. Volle Besonnung erträgt es nur, wenn es in gut wasserführendem Material wächst. Der zart erscheinende Farn überlebt Austrocknungen.

Asplenium adulterinum ist sehr zerstreut im Alpengebiet und in den Herzynischen Mittelgebirgen (REICHSTEIN 1984). Es wächst isoliert von Norwegen, Schweden und Finnland im Norden bis nach Griechenland im Süden (STRID 1986) (Abb. 3). Bisher wurde *Asplenium adulterinum* als europäischer Endemit geführt, jetzt liegt aber eine Fundmeldung aus Kanada vor (OGILVIE 1984). Auch findet man den Farn sehr selten auf anderem Substrat als Serpentin. Ein eindrucksvolles Beispiel ist der Mirnock in Österreich (MELZER 1979 & 1986), wo *Asplenium adulterinum* sehr üppig auf Paragneis wächst. In Felsspalten dominiert *Asplenium adulterinum*, auf Baumwurzeln und Totholz jedoch findet sich an derselben Wand überwiegend *Asplenium viride*. Auch die triploide Rückkreuzung von *Asplenium adulterinum*, *A.* × *poscharskeyanum* (welches sich leicht mit *A. viride* bildet) kommt vor.

5. Zur Syn- und Autökologie der Serpentinfarne

In Bayern finden sich die beiden Serpentinfarne in der durch sie ausgezeichneten Pflanzengesellschaft des *Asplenietum serpentinae* Gauckl. 54. Diese Gesellschaft steht in der Klasse der *Asplenietea trichomanis* Br.-Bl. in Meier et Br.-Bl. 34, der Ordnung der Silikatfugen-

Gesellschaften *Androsacetalia vandellii* Br.-Bl. in Br.-Bl. et Jenny 26 im eigenen Verband des *Asplenium serpentini* Br.-Bl. et Tx. 43. GAUCKLER (1954), NEZADAL (1978) und OBERDORFER (1978) geben beide Serpentin-Farne als AC-(VC)-Arten der Assoziation an und führen sie in den gezeigten Vegetationsaufnahmen gemeinsam auf.

Eine genaue Untersuchung aller bayerischen Fundorte der Farne ergab eine deutliche Differenzierung der Wuchsorte, welche eng mit dem Lichtgenuß am Standort und der Exposition des Felsens korreliert ist. Dieses soll in einer späteren Arbeit gezeigt werden. *Asplenium adulterinum* bevorzugt schattige, luftfeuchte Standorte und meidet südexponierte, unbeschattete Felsen. Der Farn überlebt selbst unter Felsvorsprüngen in dunklen Fichtenforsten. *Asplenium cuneifolium* findet sich gerne an unbeschatteten, voll besonnten Standorten wie z.B. an der Woja-Leite im Diantho-Festucetum pallentis cladonietosum oder leicht beschattet in lichten Kiefernbeständen. Es wächst aber fast immer in Erde, z.B. am Fuß von Felsen. Es ist teilweise auch in schwächeren Exemplaren mit *Asplenium adulterinum* im Schatten und an Felsen vergesellschaftet. An günstigen Standorten, z.B. unter Kiefern bei Niedermurach, erreichen die Wedel von *Asplenium cuneifolium* eine Länge von über 40 cm. Die eigenen Beobachtungen stimmen mit Literaturangaben aus Bosnien überein (RITTER-STUDNIKA 1970, S. 24: „Niemand konnte sie (= die Serpentinpflanze *Asplenium adulterinum*; d.Verf.) in sonnigen Lagen auf Rohhumus aufgefunden werden . . .“). Das Gleiche gilt für Österreich (EGGLER 1955, MAURER 1969). In den neuen Bundesländern befinden sich am Rand des Granulitgebirges nördlich Chemnitz in einer Höhe von 250-400 m ü.NN. einige Fundorte der Serpentinfarne. *Asplenium adulterinum* wächst hier in 5 Exemplaren an zwei sehr luftfeuchten Orten, *Asplenium cuneifolium* ist mit 8 Fundorten und mehreren Dutzend Exemplaren vertreten und besiedelt alte Halden und Felsen. Die beiden Arten wachsen hier nicht zusammen, die wärmere, niederschlagsärmere Lage in geringer Höhe ü.NN erscheint ausschlaggebend für diese Verteilung. Eigene Beobachtungen im Serpentin-Komplex im Kaiserwald/Westböhmen/CSFR und die Literatur hierüber (MÜLLER-STOLL & TOMAN 1984) relativieren diese Einschätzungen ein wenig. In Höhen um 800 m mit viel Niederschlag wachsen beide Farne sehr üppig, *Asplenium cuneifolium* zeigt hier eine etwas weitere ökologische Amplitude, d.h. es wächst hier auch in beschatteten Felsspalten zu größeren Exemplaren heran. *Asplenium cuneifolium* scheint die Fähigkeit zu haben, neue Standorte schnell zu besiedeln. In Zöblitz wächst es in Lehm-Serpentingemisch auf einem Steinlagerplatz, und im NSG Haid-Leite in Bayern finden sich kräftige Pflanzen an der Böschung eines sicher erst 5 Jahre alten Forstweges zwischen immer noch schütterer Pioniervegetation.

6. Die historische und aktuelle Verbreitung der Serpentinfarne in Bayern

6.1 Die Entdeckungsgeschichte der Vorkommen

Die Geschichte der Erforschung der Standorte von Serpentinfarne in Bayern läßt sich sehr gut in der Literatur verfolgen. Die Erforschung begann in Nachbarregionen, nämlich in der heutigen CSFR in Nordböhmen/Kaiserwald, bei Brünn (OPIZ 1854; HEUFLENER 1856; NISSL 1865; NISSL 1867; KALMUS 1867; MILDE 1868) und im sächsischen Erzgebirge bei Zöblitz (MILDE 1868, HOFMANN 1895). Erste Erwähnung von bayerischen Serpentinfarne gibt WÜNSCHE (1875), der von LUERSSEN (1889) zitiert und ergänzt wird. Hier sind schon fast alle oberfränkischen Fundorte sehr präzise aufgeführt. Weitere, aber teilweise mit ungenauen Standortangaben versehene Erwähnung finden die Serpentinfarne bei HANEMANN (1898, 1899), DRUDE (1902), HARZ (1907), PAUL (1912), VOLLMANN (1914) und POEVERLEIN (1918, 1919) in den Ergänzungen zur Vollmannschen Flora. POEVERLEIN nennt den Kühstein bei Erbdorf als Fundort von *Asplenium adulterinum* und das NSG Föhrenbühl als Fundort von *Asplenium cuneifolium* und konkretisiert damit die Fundortangabe Erbdorf bei VOLLMANN. SCHUBERTH (1935) repetiert die Angaben VOLLMANNs und POEVERLEINs, ohne sie für Oberfranken zu ergänzen. Er führt irrig *Asplenium adiantum-nigrum* für die Woja-Leite auf. GAUCKLER (1954) und VOLLRATH (1957) geben die detailliertesten Auflistungen für Oberfranken. MERGENTHALER (1964) listet für die Oberpfalz die von ihm neu entdeckten

großen Populationen im MTB 6540 um Oberviechtach auf. Weitere Fundorte gibt er 1966(b) (östl. Untereppenried) und 1970. Hier gibt er für *Asplenium cuneifolium* die Fundpunkte von Schönsee und bei Floß an. Außerdem gibt er *Asplenium cuneifolium* für die „Lohe“ bei Laub an, wo dieser Farn jetzt verschwunden ist. Viermal werden Punktkarten veröffentlicht (1966a, 1970, 1977 & 1982). REICHSTEIN in HEGI (1984) faßt all diese Angaben zusammen. Er führt für *Asplenium cuneifolium* den Standort Presseck an, den er wohl von HALLIER (1907, S. 2854; unter *Asplenium adiantum-nigrum* f. *anthriscifolia*; Milde hatte diese Form zu *Asplenium cuneifolium* gestellt) übernommen hat. Bei Presseck (MTB 5735/3) gibt es aber in der näheren Umgebung kein Serpentinorkommen. Hallier muß damit die Standorte am Peterleinstein/Kupferberg meinen, die ca. 8 km entfernt sind. Bei HAEUPLER (1988) erscheinen alle Standorte erstmals in dem groben Punktraster. Der Bayern-Atlas (SCHÖNFELDER et al. 1990, Karte 36 & 40) gibt für die Farne MTB 5637/2 (Hof) als Fundort an. Hier steht kein Serpentin an (außer Lesesteinorkommen am Wartturmberg), und es ist der Punkt von 5737/2 (Woja-Leite) um ein Meßtischblatt hochgerutscht. In der Artenschutzkartierung (BRESINSKY & SCHÖNFELDER 1988) waren hierher auch andere Arten der Woja-Leite gerutscht. Es ist kein Fund an Serpentin in MTB 5636/3 Naila bekannt (HORSTIG & STETTNER 1962), hier scheint der Punkt von MTB 5736/3 Helmbrechts bei Unfriedsdorf ebenfalls um ein Meßtischblatt hochgerutscht zu sein. Im MTB 6540/3 Oberviechtach stehen keine Serpentinfelsen (DÜSING 1959), und es sind keine Farnstandorte bekannt. In den Jahren 1988-1991 wurden alle Serpentinstandorte in Nordostbayern erneut aufgesucht.

6.2 Der Peterleinstein bei Kupferberg

Der Peterleinstein ist ein Serpentinhärtling, dessen noch um 1933 kahle Kuppe (Abb. 4) das Landschaftsbild geprägt hat. Auch das Blatt Nr. 14 Culmbach des topographischen Atlas vom Königreich Bayern 1863 zeigt den Berg vollständig kahl. Von hier geben HANNEMANN (1898),



Abb. 4: Der Peterleinstein bei Kupferberg im Frankenwald im Jahr 1933. Die Zeichnung von Hans Edlmann (1937) zeigt den Berg noch unbewaldet.

HARZ (1907) und VOLLMANN (1914) *Asplenium viride* an, seit 1934 ist es nach SUESSENGUTH verschollen. In der Botanischen Staatssammlung München liegen zwei Belege von Beck und N.N.

Damit wäre es möglich, daß sich am Peterleinstein *Asplenium adulterinum* gebildet hat, da die beiden Eltern dort vorgekommen sind. Vorkommen von *Asplenium trichomanes* ssp. *trichomanes* sind bekannt, somit wäre der Peterleinstein das einzige potentielle Bildungszentrum für den allotetraploiden *Asplenium adulterinum* in Deutschland. Ein aktueller Fundort von *Asplenium viride* liegt bei Geroldsgrün im Frankenwald/MTB 5636 (zuerst VOLLRATH 1957), der Farn wurde aus dem Fichtelgebirge, z.B. bei Münchberg/MTB 5836? (PAUL 1912) gemeldet. In der Oberpfalz z.B. liegen die Funde von *Asplenium viride* weit entfernt von Serpentinstreifenfarnvorkommen (vgl. MERGENTHALER 1970, Karte 7 & 8), und auch im Böhmerwald ist es selten (KOVANDA 1968). Von den böhmischen Serpentinstandorten im Kaiserwald ist *Asplenium viride* nicht bekannt, die nächsten Vorkommen von *Asplenium viride* auf Serpentin sind bei Zöblitz im Erzgebirge (MTB 5345), in Schlesien am Otterstein im Glatzer Schneeberg/MTB 5767 (HRUBY 1915) und am Baudenberg bei Krumberg/MTB 5967 (OBORNY 1885).

In den Beständen des Herbariums des Botanischen Instituts der Universität Graz (GUZ) befindet sich ein Herbarbogen, im September 1934 von L. Oberneder am Peterleinstein aufgesammelt, mit zwei Farnstöcken, die von ihm als *Asplenium adulterinum* deklariert worden sind. Eine Pflanze ist eindeutig diese Art, die Morphologie und nicht abortierte, gute Sporen belegen es. Die andere Pflanze hingegen ist *Asplenium* × *poscharskyanum*, die triploide Rückkreuzung zwischen *Asplenium viride* und *A. adulterinum*. Diese Hybride bildet sich leicht und findet sich an fast allen Stellen, wo die beiden Eltern zusammen vorkommen; sie ist dadurch zu erkennen, daß die Rachis der Wedel wenigstens zur Hälfte grün ist (nicht nur das oberste Drittel wie bei *A. adulterinum*) und daß die Pflanze abortierte Sporen hat. Morphologische Merkmale allein reichen nicht aus, den Bastard zu bestimmen, Chromosomenzählung oder abortierte Sporen müssen hinzukommen. Letzteres konnte an diesem Herbarbeleg gezeigt werden (det. Gibby/Paul). Damit ist dies der Erstdnachweis von *Asplenium* × *poscharskyanum* für Bayern. Es ist aber anzunehmen, daß sich unter den sehr vielen Belegen, die vom Peterleinstein vor 1940 entnommen wurden, noch weitere Pflanzen dieser Hybride befinden.

Als Sammelort war (und ist?) der Peterleinstein sehr beliebt. Allein in München liegen 30 Stöcke *Asplenium adulterinum*, nur in Zöblitz in Sachsen scheint mehr gesammelt worden zu sein. Der Peterleinstein ist heute mit immissionsgeschädigtem lichten Fichten/Kiefern-Fichtenforst bestanden, beherbergt aber immer noch bedeutende Farnvorkommen und ist geschützter Landschaftsbestandteil.

6.3 Die Bestandsentwicklung der Serpentinfarne in Bayern

Die in den Jahren 1988-1991 durchgeführten Kartierungen ergeben im Kontext der guten historischen Erfassung ein interessantes Bild. Um die aktuelle Verbreitung und den Verlust an Fundorten zu dokumentieren, sind für jede Art zwei Karten nötig, zumal in einigen Quadranten rezente und erloschene Vorkommen darzustellen sind. Die Karten werden durch einen kurzen Text zu jedem Fundort ergänzt.

1. Stein-Bühl bei Unfriedsdorf (MTB 5736/3): Vorkommen einer kleinen Population von *Asplenium adulterinum*.
2. Serpentinkörper bei Woja-Wurlitz (5737/2+4): das Gebiet ist in fünf Teilgebiete zu gliedern:
 - a. Teilgebiet (Vorder-) Haideck: der von LUERSEN (1889) erstmals erwähnte Wuchsort liegt zwar heute im NSG, ist aber fast erloschen. Schon VOLLRATH (1957, S. 210 f. „Gi“) nennt von hier keine Vorkommen von *Asplenium cuneifolium* mehr. Es konnten noch wenige Pflanzen *Asplenium adulterinum* an durch Pflegemaßnahmen aus Fichtenforsten freigestellten Felsen gefunden werden.
 - b. Teilgebiet Haid-Leite Osthang (NSG): bis heute vitale Populationen beider Arten. Das größte Vorkommen von *Asplenium adulterinum* in Deutschland.

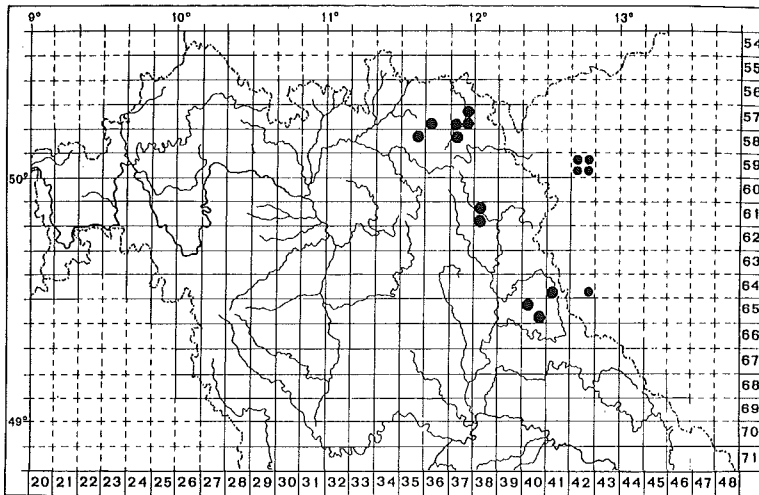


Abb. 5: Die aktuelle Verbreitung von *Asplenium adulterinum* in Bayern und in der angrenzenden CSFR

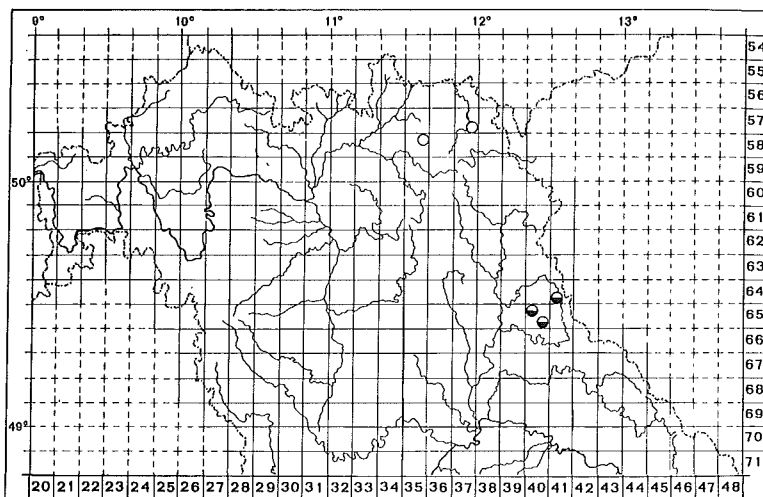


Abb. 6: Die Verluste von Vorkommen von *Asplenium adulterinum* in Bayern
 ● Vorkommen heute erloschen, noch 1950 und später nachgewiesen
 ○ Vorkommen heute erloschen, noch um 1900 nachgewiesen

- c. An einer Wegböschung im NSG Haid-Leite: 5 Pflanzen *Asplenium cuneifolium*.
 - d. Im NSG Woja-Leite: einem der klassischen Wuchsorte, die größten Vorkommen von *Asplenium cuneifolium* in Deutschland, daneben wenig *Asplenium adulterinum*.
 - e. Tiefenlohe: Neufund eines gut entwickelten Vorkommens von *Asplenium cuneifolium*, welches von Vollrath nicht genannt wird.
3. Tännig (MTB 5737/4): ein bisher unbekannter Fundort einer Pflanze *Asplenium adulterinum*, wohl der letzte Rest einer vormals größeren Population an überwachsenen Serpentiniefelsen.

4. Steinbruch in Schwarzenbach a.d.Saale (MTB 5737/4): LUERSSEN (1889) nennt als Wuchsort: am Serpentinfels bei Schwarzenbach a.d. Saale. Dieser Wuchsort von *Asplenium adulterinum*, höchstwahrscheinlich aber beider Arten, ist durch Steinbruchbetrieb zerstört und erloschen.
5. Haid-Berg, Burgstall/Förbau (MTB 5737/3): das ehemals große Vorkommen von *Asplenium cuneifolium*, noch von GAUCKLER (1954, S. 24 in der Anm. zu Tab. 2, „Heide“) und HEPP (1954) erwähnt, ist erloschen. Von den Vorkommen von *Asplenium adulterinum* konnten 1989 nach zweimaliger intensiver Suche (mit Herrn E. Walter/Bayreuth) 2 Pflanzen gefunden werden. LUERSSEN (1889, S. 880) meldet „trotz vielen Suchens“ nur eine Pflanze.
6. Peterleinstein (MTB 5835/2): der zweite klassische bayerische Wuchsort der Serpentinfarne. Auch heute noch große Vorkommen.
7. Felsen gegenüber dem Peterleinstein (MTB 5835/2): hier konnten nur 2 Pflanzen *Asplenium cuneifolium* als kümmerliche Reste der Vorkommen beider Arten gefunden werden (LUERSSEN 1889).
8. Blauer Fels (MTB 5837/1): von hier meldet schon LUERSSEN (1889: Luxenhübel bei Gottmannsgrün) nur *Asplenium adulterinum*, das 1989 mit gut zwei Dutzend Exemplaren von hier bestätigt werden konnte. SCHUBERTH (1935) nennt noch den Atlas-Berg, hier stehen aber kein Serpentin und auch keine Felsen an.
9. Vorderröhrenhof (MTB 5936/3): dieser von VOLLRATH (1957) entdeckte Wuchsort von *Asplenium cuneifolium* konnte 1989 mit reichen Vorkommen bestätigt werden.
10. NSG Föhrenbühl (MTB 6138/1): Beide Farnarten konnten an diesem klassischen Standort bestätigt werden, wobei jedoch *Asplenium adulterinum* sehr selten ist.
11. Fundort nördl. Erbdorf (MTB 6138/1): Neufund weniger Pflanzen von *Asplenium cuneifolium* an einer Steinbruchwand, die bereits einstürzt. Die große Serpentinlinse ist fast abgebaut, und damit sind sicherlich größere Farnvorkommen zerstört worden.
12. Kühstein (MTB 6138/3): Wiederfund weniger Exemplare von *Asplenium adulterinum*. *Asplenium cuneifolium*, von GAUCKLER (1954, S. 24 Tab. 2 Aufn. 8) hier erwähnt, konnte nicht wiedergefunden werden.
13. Am Haarhügel bei Floß (MTB 6239/4) konnten 1990 auf Hinweis von Herrn Alfred Ringler/München auf winzigen Serpentinhängeln 7 Pflanzen *Asplenium cuneifolium* gefunden werden. Die Hügel werden von Bauern zur Müllablagerung benutzt, und die wenigen Pflanzen sind hochgradig gefährdet. Die Lokalität war von MERGENTHALER 1970 erstmals gemeldet worden, das Absuchen der größeren Serpentinlinse blieb erfolglos.
14. Lohé nördl. Schwand (MTB 6441/3): Eine kleine Population von 25 Stöcken *Asplenium adulterinum* hat sich erhalten. Diese sind aber durch Überwuchern und Abbau von Gestein gefährdet. *Asplenium cuneifolium* ist bereits verschollen.
15. Standort südwestl. Schönsee (MTB 6441/3): 8 fast zugewachsene Stöcke *Asplenium cuneifolium* bestätigen auch diesen Fundort. *Asplenium adulterinum* ist verschollen.
16. Haarbühl (MTB 6540/1): Zwei Serpentinlinsen stehen hier an.
 - a. Der jetzt im Steinbruchbetrieb abgebaute Teil beherbergte nach MERGENTHALER (1964) die räumlich ausgedehntesten Vorkommen von Serpentinfarne. Dieser Standort ist vernichtet.
 - b. Die zweite, kleinere Linse im Südteil wies 15 Stöcke *Asplenium cuneifolium* auf, die von *Galium aparine* überwuchert waren.
17. Hänge nördl. Niedermurach (MTB 6540/1): Dieser Standort ist geschützter Landschaftsbestandteil und weist heute die individuenstärksten und bestentwickelten Vorkommen beider Farne (an alten Bauernsteinbruchwänden) in der Oberpfalz auf.
18. St. Walburga-Kapellenberg (MTB 6540/1): Drei kleine Serpentinlinsen werden schon 1964 als mit wenigen Pflanzen beider Farne besiedelt angezeigt. Nach intensiver Nachsuche konnten fünf Stöcke von *Asplenium cuneifolium* gefunden werden.
19. Obereppenried (MTB 6540/4): In einem aufgegebenen kleinen, sehr luftfeuchten Bauernsteinbruch konnten große Vorkommen beider Farne bestätigt werden.

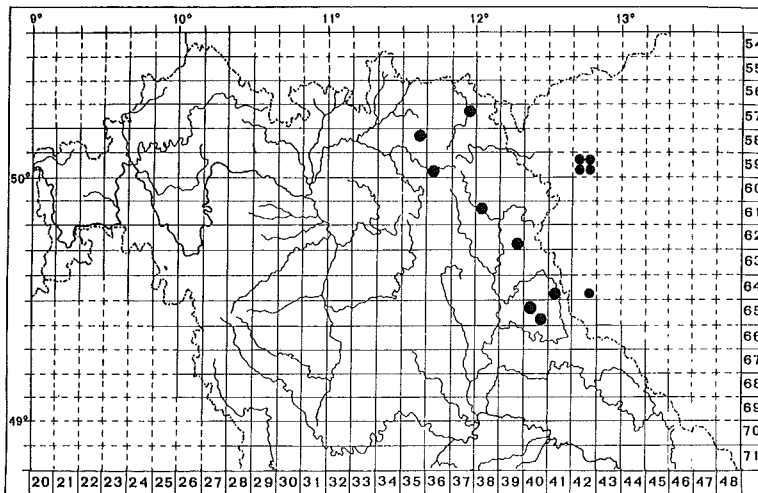


Abb. 7: Die aktuelle Verbreitung von *Asplenium cuneifolium* in Bayern und in der angrenzenden CSFR

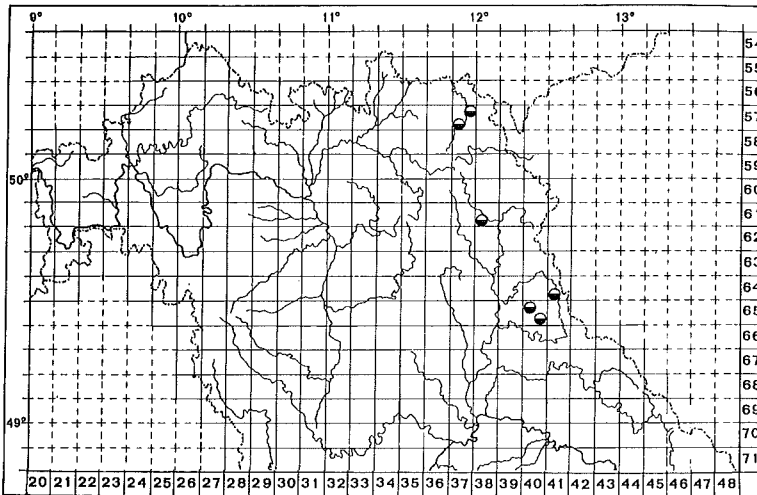


Abb. 8: Die Verluste von Vorkommen von *Asplenium cuneifolium* in Bayern
 ◐ Vorkommen heute erloschen, noch 1950 und später nachgewiesen

20. Galgenberg (MTB 6540/4): MERGENTHALER (1964) beschreibt kleinere Vorkommen beider Farne. Es konnten keine rezenten oder potentiellen Standorte gefunden werden. Der Steinbruchbetrieb hat diesen Standort ausgelöscht.
21. Kalvarienberg (MTB 6540/4): Von den ehemals als reichhaltig beschriebenen Vorkommen konnten wenige Exemplare von *Asplenium adulterinum* und *Asplenium cuneifolium* wiedergefunden werden.

An 21 Orten in Bayern konnten 20 Populationen von *Asplenium adulterinum* und 23 von *Asplenium cuneifolium* nachgewiesen werden. 4 neue Fundorte werden beschrieben. Je 50% der Anzahl der Populationen von *Asplenium adulterinum* finden sich in der Oberpfalz und in Oberfranken. Für *Asplenium cuneifolium* finden sich 43% in Oberfranken und 57% in der Oberpfalz.

7. Gesamtbeurteilung und Gefährdungssituation in Bayern

Fast alle bayerischen Fundorte haben sich in ihrer Struktur verändert und der Lebensraum für die Farnarten ist stark bedroht. Es konnten durch Auswertung der Literatur und Nachsuchen 43 Populationen von Serpentinfarne für Bayern festgestellt werden. 13 Populationen und 4 Standorte sind erloschen, an 14 Wuchsorten konnte nur noch eine der Farnarten in einer stark geschwächten Population bestätigt werden. Lediglich 7 Standorte haben „gesunde“ Farnbestände, 4 sind akut bedroht, 4 vollkommen zerstört. An den akut vom Aussterben bedrohten Fundorten finden sich nur alte Stöcke, und diese in geringer Anzahl. Vermutlich ist der Verlust noch größer, da z.B. die Fundorte in der Oberpfalz erst um 1960 entdeckt wurden, der Abbau des Gesteins dort aber viel älter ist. Der erschreckende Rückgang ist durch Auswertung der Literatur belegbar. Es muß somit festgestellt werden, daß 63% der Fundorte von Serpentinfarne in Bayern zerstört oder akut vom Aussterben bedroht sind. Als gesund sind nur Fundorte zu bezeichnen, die individuenstarke Populationen haben und an denen Farnjungwuchs nachgewiesen werden kann. Dieses sind die Wuchsorte NSG Woja-Leite, NSG Haid-Leite, der Peterleinstein, Vorderröhrenhof, NSG Föhrenbühl bei Erben-dorf, Niedermurach und Obereppenried. Der stärkste Rückgang ist seit den 50er bzw. 60er Jahren zu belegen.

Asplenium adulterinum			Status der Populationen in Bayern	Asplenium cuneifolium		
Oberfranken	Σ	Oberpfalz		Oberfranken	Σ	Oberpfalz
2	6	4	verschollen: 13	3	7	4
4	7	3	vom Aussterben bedroht: 14	1	7	6
1	2	1	stark gefährdet: 4	2	2	0
3	5	2	vital: 12	4	7	3
10	20	10	insgesamt: 43	10	23	13

Gefährdungsgrade der Farnarten, regional gegliedert.

Als Hauptbedrohung der noch vorhandenen Serpentinfarne-Vorkommen ist das Verdrängen dieser konkurrenzschwachen Arten, das Überwuchern der Farne und der Aufwuchs von Nitrophyten an potentiellen Standorten zu nennen. Das Eindringen von *Rubus idaeus* in Felsspalten ist am Föhrenbühl und Peterleinstein gut zu beobachten. GAUCKLER (1954) weist in seinen Vegetationsaufnahmen diese Arten noch nicht aus, was die Vermutung über die neuere Entwicklung unterstreicht. (Man kann hieraus aber auch eine neue Pflanzengesellschaft ableiten (MÜLLER-STOLL & TOMAN 1984) mit *Rubus idaeus* und *Poa nemoralis* als AC-Arten, ohne diese Probleme anzusprechen.) Verantwortlich ist hierfür neben fehlender Beweidung oder fehlender anderweitiger Nutzung wohl auch die gleichmäßige Eutrophierung der Landschaft durch „Saure Depositionen“. Alle Standorte haben eine geringe räumliche Ausdehnung und sehr ungenügende Pufferflächen. Zur Verhinderung von Nah-Immissionen durch die Landwirtschaft und für einen besseren Schutz vor Meliorationsmaßnahmen sollten alle Farnvorkommen großräumig gesichert werden. Allein im Serpentinegebiet Woja-Wurlitz und im NSG Föhrenbühl ist der Farnbestand insofern hinreichend gesichert.

Nicht nur wegen dieser erschreckenden Zahlen, sondern insbesondere auch wegen der Seltenheit der Vorkommen von Serpentinfarne in Deutschland und Mitteleuropa, weil es keinen anderen besiedlungsfähigen Biotop gibt und weil eine Neubesiedlung von Sekundärstandorten, z. B. Steinbrüchen, nur bedingt möglich erscheint, ist jeder Fundort unbedingt zu erhalten und zu schützen. Der Gefährdungsgrad 1 für Oberfranken (vgl. MERKEL & WALTER 1988) ist gerechtfertigt und muß damit ebenso für Bayern und die BRD gelten, da

beide Kriterien für diese Eingruppierung erfüllt sind (vgl. KORNECK & SUKOPP 1988). Der Pflanzengesellschaft des *Asplenietum serpentini* Gaukl. 54 ist der Gefährdungsgrad 1 ebenfalls zuzuordnen (WALENTOWSKI et al. 1991). JESSEN (1991, mündl.) gibt für die fünf neuen Länder 2 Fundorte für *Asplenium adulterinum* und 10 rezente sowie 3 erloschene Vorkommen von *Asplenium cuneifolium* an. Viele Farnvorkommen sind auch hier vom Aussterben bedroht.

8. Pflege und Schutz der Wuchsorte

8.1 Eine Beschreibung des ursprünglichen Zustandes an einigen Standorten

Die alten Chronisten der Serpentinarnvorkommen in Deutschland berichten von waldfreien Felspartien an den von ihnen genannten Orten (LUERSSSEN 1889; HOFMANN 1895). Eine schöne Beschreibung des sich verändernden Bildes der Serpentinstandorte gibt VOLLRATH (1957, S. 45): „Die schwer verwitternden Serpentine geben einen äußerst unfruchtbaren, nährstoffarmen Boden und sind daher dem Wald überlassen. An ebenen Stellen und in Mulden ist der Verwitterungsboden lehmig; nach Regenfällen pflegen Pfützen auf Wegen tagelang zu stehen, sumpfige Bachmulden sind nicht selten (etwa bei Haideck und Woja). Auch der Serpentin als Gestein ist ziemlich wasserundurchlässig: am Heidberg bei Förbau fand ich *Sphagnum* wenig unterhalb des Gipfels. Die Gipfel der Serpentinhöhen sind meist von spaltenreichen (Farn!) Felsen übersät und nahezu waldfrei.“

Die Zeichnung des Peterleinsteins von EDELMANN (1937) (Abb. 4.) zeigt trefflich den Landschafts- und Vegetationscharakter. Heute ist die Höhe bewaldet. Der Vergleich macht deutlich, wie stark sich der Charakter der Serpentinhöhen gewandelt hat.

Weiter berichtet Vollrath über Förbau: „Allein schon aus den fast stets mit „Heide“ gebildeten Namen seiner Höhen läßt sich die Unfruchtbarkeit auch dieses Zuges erkennen. Auch er war ursprünglich ganz von lichthem Föhrenwald eingenommen; heute ist er z.T. mit Fichten- oder Kiefernforst bestockt, z.T. auch in Schafhut, arme Wiesen oder scherbenreiche Äcker übergeführt worden.“ Hier wird also von der langsamen Überführung der Standorte in bewirtschaftetes Land berichtet und auch die Schafbeweidung ausdrücklich erwähnt, die wohl maßgeblich zur Perpetuierung des Standortcharakters beigetragen hat.

8.2. Pflege der Felsspaltengesellschaften

In Deutschland sind die beiden Farne *Asplenium adulterinum* und *Asplenium cuneifolium* an Serpentin als Wuchsort gebunden. Beide Farne wachsen nur in unmittelbarem Kontakt der Wurzeln zum Gestein. Während *Asplenium adulterinum* nur in Felsspalten wachsen kann, findet sich *Asplenium cuneifolium* auch in lückigen Rasen. Ein genaues Hinsehen und Nachgraben zeigt aber auch hier, daß der Farn immer im Kontakt mit größeren Serpentinbrocken steht, d.h. die Wurzeln wachsen am Fels herunter. Diese Beobachtung läßt u. a. zwei Hypothesen zu:

1. Im unmittelbaren Bereich solcher Steine sind zu viele „toxische“ Ionen, der angepaßte Farn hat einen Konkurrenzvorteil.
2. Der Farn braucht zum Keimen oder Wachsen eine erhöhte Ionenkonzentration in der unmittelbaren Nähe des Gesteins.

In jedem Fall scheinen freie Felsen oder der Bereich Erde-Fels (Rohboden) unbedingt notwendig, um ein Wachsen der Farne zu ermöglichen. Die enge Anpassung sogar von Serpentinrassen von Farnen zeigt SLEEP (1985), die *Asplenium adiantum-nigrum* - Rassen von Serpentin- und Nicht-Serpentinstandorten auf verschiedenen Böden keimen ließ. Nur die Nicht-Serpentinrasse keimte auf Serpentinböden nicht.

Eine künstliche Herstellung neuer Standorte außerhalb geogener Serpentinvorkommen erscheint also nicht möglich. An folgenden Stellen finden sich noch geeignete Wuchsorte:

1. An natürlichen Felsen in Wäldern oder Wiesen, z. B. Blauer Fels, Haid-Berg/ Förbau, Kühstein;
2. an natürlichen Felshängen, z. B. Woja- Leite;

3. an Abgrabungen, z.B. Vorderröhrenhof, Niedermurach, Obereppenried;
4. an anderen anthropogenen Anschnitten von Serpentinlinsen, z.B. durch Eisenbahntrassen am Steinbühl. Dieser Eisenbahnanschnitt ist nicht älter als ca. 1880 und zeigt somit, daß geeignete Standorte durch Sporenflug in 100 Jahren besiedelt werden können. Die Entfernungen zum nächsten Standort beträgt 12 km im Südwesten zum Peterleinstein und zur Woja-Leite im Nordosten 17 km. Die Woja-Leite steht außerdem mit dem Steinbühl über die Eisenbahntrasse in Verbindung.

Die Farne sind als konkurrenzschwache Arten auf diesen Sonderstandort angewiesen. Der Eintrag von Nährstoffen und die Aufgabe einer Weidenutzung verschieben die Bedingungen am Standort, mehrfach wurden Felsen auch schon total von Gras oder Gebüsch zugewuchert aufgefunden, z.B. Blauer Fels, Burgstall, Kalvarienberg, Lohe. Die Lebensdauer der Farne in Kultur beträgt wenige Jahrzehnte (Jessen & Reichstein, pers. Mitteilung); die Farnpflanzen werden sicherlich je nach Standort dieses Alter nur knapp erreichen. Die Schaffung von Nischen und neu besiedlungsfähigem Rohboden ist wichtig. Allein die sehr exponierten Süd- und Südosthänge bei Woja werden durch Frostsprengung für eine neue Besiedlung ständig offengehalten. Jungpflanzen können somit als Indikator für eine gesunde Population gelten, sie zeigen das Überleben des Farnbestandes an. Deshalb sollte jeder potentielle oder historische Standort entwickelt werden und jeder rezente Wuchsort gepflegt und optimiert werden. Jeder rezente Wuchsort hat eine Funktion auch dahingehend, daß von ihm aus andere Standorte besiedelt werden können. Diesem ganzen Problemkreis kann nur ein gezielter Einsatz von geschultem Personal entgegentreten, wobei die besiedelten Felsspalten und geeignete Standorte notfalls in Handarbeit von störendem Bewuchs befreit werden, jedoch ohne die Farne gleich mit zu entfernen. Diese Arbeit muß wohl bei weiterhin anhaltendem Nährstoffeintrag regelmäßig wiederholt werden. Eine regelmäßige Weidenutzung wäre wünschenswert.

8.3 Nutzung von Steinbrüchen als Ersatzbiotope

Serpentinit wird in Deutschland seit über 500 Jahren abgebaut (WAGENBRETH 1982). Wurde er früher als Schmuckstein genutzt, so dient er heute profan als Wegschotter. Die Nutzung hat sich in den letzten Jahrzehnten gewaltig intensiviert. In Steinbrüchen finden sich Farnvorkommen, auch zeigen die Steinbrüche eine interessante Sukzession der Vegetation auf Serpentinit. Für eine Beurteilung sind sie in kleine Bauernsteinbrüche und große Industriebrüche zu unterteilen.

Geeignete Bedingungen zur Neubesiedlung anthropogener Standorte bieten oftmals kleine Steinbrüche. Hier finden sich ein vielfältiges Mikroklima und ein geeignetes Mikroklima. Als gutes Beispiel ist hier der alte Bauernsteinbruch bei Obereppenried zu nennen. An den alten Bruchwänden, die nicht höher als 10 m sind, finden sich in fast allen Spalten und Expositionen beide Serpentinfarne. In grobem Schotter wachsen viele und sehr große Stöcke von *Asplenium cuneifolium*. Ähnliche Bedingungen finden wir bei Vorderröhrenhof.

In allen großen Serpentinsteinbrüchen Bayerns, auch in bereits stillgelegten, konnte trotz intensiver Nachsuche keine Serpentinfarneansiedlung nachgewiesen werden. Es scheint, daß trotz genügenden Rohbodens hier kein geeignetes Mikroklima, wohl insbesondere für die Prothallien, und damit für die Etablierung der Farne gegeben ist. Außerdem rutschen in diesen Steinbrüchen die großen Wände ständig ab. Durch Steinbruchbetrieb wurden 3 (u. U. 5) Standorte und sicher nachweisbar 5, höchstwahrscheinlich aber 8–10 Farnpopulationen vernichtet.

8.4. Resümee

Natürliche Felsen als Standorte offener Serpentinvegetation sind durch Aufgabe der Weidenutzung und durch anthropogene Emissionen und das damit verbundene Aufwachsen dichter Vegetation stark bedroht. Anthropogene Standorte, hier insbesondere Steinbrüche, sind nur bedingt zur Neuansiedlung dieser seltenen Vegetation geeignet. Ein Erhalt der natürlichen Serpentinfelsens durch eine entsprechende Pflege erscheint als der beste Schutz unserer Serpentinvegetation. Und nur diese Standorte sind für eine Restitution geeignet, da zum einen

teilweise noch Reste der Vegetation vorhanden sind und zum anderen diese natürlichen Standorte durch ihre geographische Nähe zueinander wohl wiederbesiedelt werden könnten.

Danksagung

Die Geländearbeiten des Erstautors haben zahlreiche Personen und Institutionen in vielfältiger Weise unterstützt. Die Arbeit basiert auf Kartierungen der Serpentinstandorte in Oberfranken und der Oberpfalz im Auftrag der Regierungen. Den Herren Dr. Merkel, Hümmel, Herre und Siede sei ganz herzlich für die Genehmigungen der Verwertung der hierbei erarbeiteten Ergebnisse gedankt. Herrn Dr. W. Lippert danken wir für die Möglichkeit, Herbarbelege in der Botanischen Staatssammlung München einsehen zu dürfen, und Frau H. Rasbach für wertvolle Hinweise und Korrekturen. Besonderer Dank gilt Alfred Ringler und Detlef Rossmann, beide Alpeninstitut München, und Dr. S. Schaal, die mit Rat und Tat zur Seite standen. Der Erstautor dankt für Hilfe und Anregung Dr. J. Barrett/Cambridge, Dr. M. Gibby/London und seiner Großmutter in Sellanger für die Unterkunft während der Arbeit. Für ein Reisestipendium und finanzielle Unterstützung sei dem College Peterhouse/Cambridge und der Studienstiftung des deutschen Volkes gedankt.

Literatur

- ASCHEPSON, P. & P. GRAEBNER 1896–1898: Synopsis der mitteleuropäischen Flora 1: 57–60, 71–72. – BASKIN, J. M. & C. C. BASKIN 1988: Endemism in rock outcrop plant communities of unglaciated eastern United States: an evaluation of the role of edaphic, genetic and light factors. *Jour. of Biogeography* 15: 829–840. – BENNERT, H. W., W. JÄGER & G. THEREN 1982: Sporenmerkmale von Sippen des *Asplenium adiantum-nigrum*-Komplexes und ihre systematische Bedeutung. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 95: 297–312. – BRESINSKY, A. & P. SCHÖNFELDER 1988: Rasterfeldkarten gefährdeter Farn- und Blütenpflanzen, Vorabzug aus der „Floristischen Kartierung Bayerns“. 2 Bde., hrsg. Bayer. Landesamt f. Umweltschutz, unveröffentlicht München. – BROOKS, R. R. 1987: Serpentine and its Vegetation. Portland, Oregon. – BUNDESUMWELTAMT 1986: Daten zur Umwelt. Berlin. – COLEMAN, R. G. 1977: Ophiolites. New York. – DERRICK, L. N., A. C. JERMY & A. M. PAUL 1987: Checklist of European Pteridophytes. *Sommerfeltia* 6: 1–94. – DRUDE, O. 1902: Der Hercynische Florenbezirk. *Die Vegetation der Erde* 4. – DÜSING, C. 1959: Erläuterungen zur geologischen Karte Blatt 6540 Oberviechtach. München. – EBERLE, G. 1957: Farne auf Serpentin. *Natur und Volk* 87: 203–213. – EDELMANN, H. 1937: Der „Magnetberg“ des Frankenwaldes. *Blätter für Naturschutz* 20: 113–115. – EGGLE, J. 1955: Ein Beitrag zur Serpentinvegetation in der Gulsen bei Kraubath in Obersteiermark. *Mitt. Naturw. Ver. Steiermark* 85: 27–72. – EMMERT, U. 1968: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern, Blatt Nr. 5737 Schwarzenbach a. d. sächs. Saale. – GAUCKLER, K. 1954: Serpentinvegetation in Nordbayern. *Ber. Bayer. Bot. Ges.* 30: 19–26. – GRILL, E. & M. H. ZINK 1989: Wie schützen Pflanzen sich vor toxischen Schwermetallen. *Chemie in unserer Zeit* 23: 193–199. – HAAS, P. 1984: Die Serpentinvorkommen auf den Kartenblättern 6540 und 6441. Unveröffentl. Gutachten an die Obere Naturschutzbehörde Regensburg. Regensburg. – HAEUPLER, H. & P. SCHÖNFELDER 1988: Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. 1. Aufl. Stuttgart. – HALLIER, E. & A. BRAND 1907: W. D. J. Koch's Synopsis der Deutschen und Schweizer Flora. 3 Bd., 3. Aufl. Leipzig. – HANEMANN, J. 1898: Flora des Frankenwaldes. *Dt. Bot. Monatsschr.* 16: 48–50, 59–61. – HANEMANN, J. 1899: Flora des Frankenwaldes. *Dt. Bot. Monatsschr.* 17: 60–63, 87–89, 97–99, 157–161. – HART, R. 1980: The coexistence of weeds and restricted native plants on serpentine barrens in SE Pennsylvania. *Ecology* 61(3): 688–701. – HARZ, K. E. 1907: Flora der Gefäßpflanzen von Kulmbach. *Ber. Naturf. Ges. Bamberg* 29/30: 1–250. – HEPP, E. 1954: Neue Beobachtungen über die Phanerogamen und Kryptogamenflora von Bayern VIII/1. *Ber. Bayer. Bot. Ges.* 30: 38. – HERATH, F. 1952: Bayreuth – Zuweilen der Kältepol Europas. *Ber. Naturwiss. Ges. Bayreuth* 7: 98–104. Bayreuth. – HEUFLER, L. R. v. 1856: *Asplenii Species Europaeae*. *Verh. zool. bot. Ver. in Wien* 6: 235–354, insbes. 260–261, 347. – HOFMANN, H. 1895: Die Zwischenform von *Asplenium viride* Huds. und *A. adulterinum* Milde. *Allg. Bot. Ztschr.* 1 (11–12): 216–218, 233–234. – HORSTIG, G. v. & G. Stettner 1962: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern, Blatt Nr. 5636 Naila. – HRUBY, J. 1915: Die Pflanzengeographischen Verhältnisse der Ostsudeten und deren Nachbargebiete. *Beih. Bot. Ctrbl. Abt. B.* 33: 144. – JALAS, J. & J. SUOMINEN 1972: Atlas Florae Europaeae 1:

Pteridophyta. Helsinki. – JERMY, A. C. 1981: *Asplenium cuneifolium* Viv. erroneously recorded in the British Isles. *Watsonia* 13 (4): 322–323. – KALMUS, J. 1867: Ueber das Vorkommen des *Asplenium adulterinum* Milde. *Lotos*; Naturhistorischer Verein „Lotos“ in Prag 17: 34–36. – KINZEL, H. & M. WEBER 1982: Serpentinpflanzen; in: KINZEL, H.: Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel: 381–410. Stuttgart. – KLINKHAMMER, B. 1975: Die Serpentine des Oberpfälzer Waldes. Der Aufschluß Sonderband 26: 39–64. – KNOCH, K. 1952: Klimaatlas von Bayern. Bad Kissingen. – KORNECK, D. & H. SUKOPP 1988: Rote Liste der in der Bundesrepublik Deutschland ausgestorbenen, verschollenen und gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen und ihre Auswertung für den Arten und Biotopschutz. Schr.Reihe Vegetationskde. 19. Bonn-Bad Godesberg. – KOVANDA, M. 1968: *Asplenium trichomanes* und *Asplenium viride* im Böhmerwald. *Preslia* 40: 408–414. – KRAMER, K. U. 1990: The Families and Genera of Vascular Plants, ed. by K. KUBITZKI; Vol.1 Pteridophytes and Gymnosperms. Berlin. – KRUCKEBERG, A. 1984: California Serpentine. Berkeley. – LÖVE, A., D. LÖVE & E. G. PICHl SERMOLLI 1977: Cytotaxonomical Atlas of the Pteridophyta. Vaduz. – LOVIS, J. D. 1955: *Asplenium adulterinum* and its probable parents *Proc.Bot.Soc.Brit.Isles* 1: 388. – LOVIS, J. D. & T. REICHSTEIN 1968: Über das spontane Entstehen von *Asplenium adulterinum* aus einem natürlichen Bastard. *Naturwissenschaften* 55: 117–120. – LUERSEN, C. 1889: Die Farnpflanzen. In: Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz 3, 2.Aufl.: 165–172, 275–281, 880–883. Leipzig. – MAURER, W. 1966: Flora und Vegetation des Serpentinegebietes bei Kirchdorf in Steiermark. *Mitt. Abt. Zool. u. Botan. Landesmuseum Graz* 25: 16–76. – MELZER, H. 1966: Neues zur Flora von Steiermark, IX. *Mitt. natur. Ver. Steiermark* 96: 82–96. – MELZER, H. 1974: Neues zur Flora von Steiermark, XVI. *Mitt. natur. Ver. Steiermark* 104: 143–158. – MELZER, H. 1979: Weitere Beiträge zur floristischen Erforschung Kärntens. *Carinthia II N. F.* 89: 143–154. – MELZER, H. 1986: Zur Kenntnis von *Asplenium adulterinum* Milde, dem Grünsptzigen Streifenfarn. *Carinthia II N. F.* 96: 333–336. – MELZER, H. 1988: Neues zur Flora von Steiermark, XXX. *Mitt. natur. Ver. Steiermark* 118: 157–171. – MERGENTHALER, O. 1964: Neufunde von Serpentinfarne in der mittleren Oberpfalz. *Ber. Bayer Bot. Ges.* 37: 108–109. – MERGENTHALER, O. 1966a: Serpentinfarne im Oberpfälzerwald. *Acta Albertina Ratisbonensia* 26: 6–8. – MERGENTHALER, O. 1966b: Neufunde von Blütenpflanzen und Farnen im Großraum von Regensburg nach dem Erscheinen der „Flora von Bayern“ (1914) von Dr. Franz Vollmann. *Hoppea* 26: 209–281. – MERGENTHALER, O. 1970: Neufunde von Farnen und Blütenpflanzen im Großraum Regensburg nach dem Erscheinen der „Flora von Bayern“ (1914) von Dr. Franz Vollmann. *Hoppea* 27: 24–111. – MERGENTHALER, O. 1977: Verbreitungskarten des Regensburger Florengbietes (2). *Hoppea* 36: 363–420. – MERGENTHALER, O. 1981: Verbreitungsatlas zur Flora von Regensburg. *Hoppea* 40: V–XII, 1–297; 23–24. – MERKEL, J. & E. WALTER 1988: Liste aller in Oberfranken vorkommenden Farn- und Blütenpflanzen. Bayreuth. – MILDE, J. 1865: Die höheren Sporenpflanzen Deutschlands und der Schweiz. Leipzig. – MILDE, J. 1868: *Filices criticae, Asplenium adulterinum*. *Botanische Zeitung* 26(13): 201–209, insbes.201; (28): 449–455, insbes.451; (51): 882–884. – MOKRY, F., H. RASBACH & T. REICHSTEIN 1986: *Asplenium adulterinum* subsp. *presolanense* subsp. *nova* (Aspleniaceae, Pteridophyta). *Bot. Helv.* 96: 7–18. – MÜLLER-STOLL, W. & M. TOMAN 1984: Das *Asplenium serpentini* und seine Kontaktgesellschaften auf dem Serpentin-Komplex im Slavkovský (Kaiserwald) bei Mariánské lázně (Marienbad) in Westböhmen. (ČSSR). *Feddes Repert.* 94: 97–119. – NEZADAL, W. 1985: Exkursionsführer der Tagung der Flor. soz. AG, Juli 1985 (unveröff.). Erlangen. – NIESSL, G. v. 1865: Vorarbeiten zu einer Kryptogamenflora von Mähren. III. Höhere Sporenpflanzen. *Verh. d. naturforsch. Ver. Brünn* 4: 284–317; 298. – NIESSL, G. v. 1867: Ueber *Asplenium adulterinum* Milde und seine Vorkommen in Böhmen und Mähren. *Ver. d. naturforsch. Ver. Brünn* 6: 165–176. – NOVÁK, F. A. 1928: Quelques remarques relatives au problème de la végétation sur les terrains serpentiniques. *Preslia* 6: 42–71. – OBERDORFER, E. 1977: Süddeutsche Pflanzengesellschaften 1. Stuttgart. – OBOURNY, A. 1885: Flora von Mähren und österreichisch Schlesien. 1. Bd. Brünn. – OGILVIE, R. T. & A. CESKA 1984: Alpine plants of pythogeographic interest in NW Vancouver Island Canada. *Can. Jour. Bot.* 62 (11): 2356–2362. – OPIZ, P. M. 1854: In den „Miscellen“ *Lotos*; Naturhistorischer Verein „Lotos“ in Prag 4: 119. – PAUL, H. 1912: Zur Pflanzenwelt des Fichtelgebirges. *Mitt. Bayer. Bot. Ges.* 2 (22): 402–410. – POEVERLEIN, H. 1918: Zur Gefäßpflanzenflora des südlichen Fichtelgebirges und Rauhen Kulms. *Mitt. Bayer. Bot. Ges.* 3 (21): 433–438; 435. – POEVERLEIN, H. 1919: Zur Gefäßpflanzenflora des südlichen Fichtelgebirges. *Mitt. Bayer. Bot. Ges.* 3 (26/27): 502–508. – PROCTER, J. & S. R. J. WOODDELL 1975: The Ecology of Serpentine soils. *Advances in Ecological Research* 9: 256–366. London. – RASBACH, H., J. J. SCHNELLER, M. GIBBY & T. REICHSTEIN 1986: *Asplenium cuneifolium* Viv (diploid) from the type locality (Aspleniaceae, Pteridophyta) with an appendix on related plants from other places in south-western and central Europe. *Candollea* 41: 219–242. – REICHSTEIN, T. 1981: Hybrids in European Aspleniaceae (Pteridophyta). *Bot. Helv.* 91: 89–139. –

REICHSTEIN, T. 1984: Aspleniaceae; in: HEGI, G.: Illustrierte Flora von Mitteleuropa Bd.1/1, 3. Aufl.: 211–275. Hamburg. – RICHARDSON, P. M. & E. LORENZ-LIBURNAU 1982: C-glycosylxanthones in the *Asplenium adiantum-nigrum* complex. Amer. Fern Journ. 72: 103–106. – RICHARDSON, P. M. 1983: Phenolic chemistry distinguishes *Asplenium adiantum-nigrum* L. from *Asplenium cuneifolium* Viv. Watsonia 14 (4): 414–415. – RITTER-STUDNICKA, H. 1970: Die Flora der Serpentinvorkommen in Bosnien, S.24. Bibliotheka Botanica 130. – ROST, F. 1956: Ultrabasische Gesteine in der Münchberger Gneismasse. Geologica Bavarica 27: 175–231. – SADEBECK, R. 1871: Ueber *Asplenium adulterinum* Milde. Verhandlungen des botanischen Vereines für die Provinz Brandenburg 13: 78–97, Taf. 1. – SADEBECK, R. 1887: Bericht über die generationsweise fortgesetzten Aussaaten und Kulturen der Serpentinformen der Farngattung *Asplenium*. Sitzungsberichte der Gesellschaft für Botanik zu Hamburg 3: 74–79. – SASSE, F. 1979: Untersuchungen an den Serpentinstandorten in Frankreich, Italien, Österreich und der BRDeutschland. Flora 168: 379–395, 578–594. – SCHÖNFELDER, P. 1986: Rote Liste Gefährdeter Farn- und Blütenpflanzen Bayerns. Schriftreihe Bayrisches Landesamt für Umweltschutz 72. – SCHÖNFELDER, P. & A. BRESINSKY 1990: Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Bayerns. Stuttgart. – SCHUBERTH, H. 1935: Botanisch-Geologischer Führer durch das Fichtelgebirge mit Frankenwald. Wunsiedel. – SHIVAS, M. G. 1969: A cytotaxonomic study in the *Asplenium adiantum-nigrum* complex. Fern Gaz. 10 (2): 68–80. – SLEEP, A. 1980: On the reported occurrence of *Asplenium cuneifolium* and *Asplenium adiantum-nigrum* in the British Isles. Fern Gaz. 12 (2): 103–107. – SLEEP, A. 1985: Speciation in relation to edaphic factors in the *Asplenium adiantum-nigrum* group. Proc.Royal Soc.Edinburgh 86b: 325–334. – STEFFENS, J.C. 1990: The heavy metal-binding peptides of plants. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Bio. 41: 553–75. – STRID, A. 1986: Mountain Flora of Greece Vol. 1 Cambridge. – SUESSENGUTH, K. 1934: Neuere Beobachtungen über die Phanerogamen- und Gefäßpflanzenflora von Bayern VII. Ber. Bayer. Bot. Ges 21: 1–57; 3. – VOGEL, J. C. 1989: Kartierung der Serpentinstandorte im Regierungsbezirk Oberpfalz. Gutachten im Auftrag der Regierung der Oberpfalz (unveröffentlicht). – VOGEL, J. C. 1990a: Kartierung der Serpentinstandorte im Regierungsbezirk Oberfranken. Gutachten im Auftrag der Regierung von Oberfranken (unveröffentlicht). – VOGEL, J. C. 1990b: Landschaftspflegekonzept Bayern Teilband 2. 17 Steinbrüche, Abschnitt Serpentinsteinebrüche (unveröffentlicht). Alpeninstitut München. – VOLLMANN, F. 1914: Flora von Bayern. Stuttgart. – VOLLRATH, H. 1957: Die Pflanzenwelt des Fichtelgebirges und benachbarter Landschaften. Ber. Naturwiss. Ges. Bayreuth Bd. 9: 5–250. – WAGENBRETH, O. 1982: Die sächsischen Serpentinite (Lagerstätten, Geschichte und gesellschaftliche Bedeutung früher und heute). Abh. Staatl. Mus. Mineral. Geol. Dresden 31: 215–260. – WALENTOWSKI, H., B. RAAB & W. A. ZAHLHEIMER 1991: Vorläufige Rote Liste der in Bayern nachgewiesenen oder zu erwartenden Pflanzengesellschaften. III. Außer-alpine Felsvegetation, Trockenrasen, Borstgrasrasen und Heidekrautgestrüppe, wärmebedürftige Saumgesellschaften. Ber. Bay. Bot. Ges. 62, Beih. 2: 1–63, 21. – WALKER, T. G. 1979: The cytogenetics of ferns. In: A. F. DYER (ed.): The Experimental Biology of Ferns. Academic Press. London. – WALTER, H. & H. STRAKA 1970: Arealkunde. 2. Aufl. Stuttgart. – WEINELT, W. 1984: Metamorphite. In: WEINIG, H. et al., Oberflächennahe mineralische Rohstoffe von Bayern. Geol. Bavar. 86: 91–97. – WÜNSCHE, O. 1875: Einige neue Standorte von Gefässkryptogamen in Sachsen und Baiern. Jahresberichte des Vereins für Naturkunde zu Zwickau i. S.; 118–119. – WURM, A. 1962: Sammlung geologischer Führer Frankenwald, Fichtelgebirge und nördlicher Oberpfälzer Wald. Bd. 41. Berlin. – WYLLIE, P. J. (ed.) 1967: Ultramafic and related rocks. New York.

Johannes Chr. VOGEL
 Natural History Museum
 Department of Botany
 Cromwell Road
 London SW7 5BD/England
 und
 Department of Genetics
 University of Cambridge
 Cambridge CB2 3EH/England

Prof. Dr. Siegm. Walter BRECKLE
 Abteilung Ökologie der Universität
 Postfach 8640
 W-4800 Bielefeld 1

