

Föhrenwälder auf Mergelböden des Aargauer Juras

Armin Wassmer

In the Aargau Jura mountains of NW Switzerland, marly soils (Effingerschichten) are common. Due to earlier dismantling of marl, they are particularly poor in plant nutrients and produce only loose pine forests and neglected grasslands. In spite of that, today these forests are refugia for numerous endangered plant species (many orchids). A cumulative species list of 12 such pine-forest habitats contains 274 species. Step by step, this list is then reduced with regard to species steadiness and frequency in order to assess the species and ecological characteristics typical of these forests.

Adresse des Autors:

Dr. Armin Wassmer
Badergässli 17
5000 Aarau / Schweiz

Angenommen: 14. August 2007

Die Waldföhre (*Pinus sylvestris*) gilt als besonders anspruchslos hinsichtlich Klima und Bodenqualität. Da sie aber viel Licht benötigt, unterliegt sie leicht der Konkurrenz von Laubhölzern und gelangt nur unter extremen Verhältnissen zur Dominanz. Es erstaunt daher, dass man mitten im Laubwaldgebiet des Aargauer Juras (auslaufend auf Basler und Solothurner Gebiet) eine Häufung kleiner Föhrenwälder antrifft. Ihre Existenz beruht nicht auf forstlicher Förderung, sondern auf verminderter Bodenqualität. Bei den Böden handelt es sich meist um Effingermergel, eine Schicht des unteren Weissen Juras, in einigen Fällen um Molassemergel.

Mergel, ein Sedimentgestein, besteht aus den Komponenten Kalk und Ton mit variablem Mengenverhältnis: Es gibt alle Abstufungen zwischen hartem Kalkmergel und weichem Tonmergel. Ton besteht aus Aluminiumsilikaten mit Beimengungen von Natrium, Kalium, Magnesium, Eisen.

Die ausserordentliche Kleinheit der Tonteilchen macht tonreiche Böden dicht und luftarm, was die Wurzelatmung der Pflanzen erschwert. Das geringe Porenvolumen begünstigt die kapillare Anlagerung von Wasser, vermindert dagegen die Durchlässigkeit. Nach Regenperioden erscheinen solche Böden weich und teigig, erwärmen sich nur langsam und werden bei Trockenheit hart und rissig. Zudem herrscht Mangel an Stickstoff und Phosphor. Tonreicher Mergelboden ist für das Aufkeimen und Fortkommen von Pflanzen ungünstig. Unter den Waldbäumen ist am ehesten die Föhre konkurrenzfähig.

Allmähliche Bodenreifung mildert zwar diese Extreme und ermöglicht schliesslich die Existenz auch anspruchsvollerer Arten. Jedoch wirkt die früher im Jura geübte Praxis des «Bodenraubs» der Bodenreifung entgegen: Die Abführung der obersten Bodenschicht zwecks Düngung von Weinbergen und Äckern entblösste den Rohboden und erzeugte dauernd neue Pionierflächen. Erst das Aufkommen von Kunstdüngern machte diesem Abbau vor Jahrzehnten ein Ende, und seither bedeckten



Abb. 1: Ihrer Verwitterungsrinde entblösste Effingerschichten bei Zeihen, die nur langsam von der Vegetation besiedelt werden. Aus VOSSELER 1928.



Abb. 2: Farbiges Aufleuchten der Pfeifengrasbestände im Oktober, Hessenberg.

sich die «abgemergelten» Flächen allmählich mit Föhrenwald. Alte Abbauzonen sind noch heute am bewegten, kleinhügeligen Bodenrelief zu erkennen (Abb. 1).

Diese Föhrenbestände sind heute meist mit Laubholz durchsetzt und im Begriff, ihren lichten Charakter samt ihrer reichen Flora einzubüssen. Seit einigen Jahren greifen Naturschutzorganisationen und der Forstdienst ein, um mit Auslichtungen, Entbuschung, Mahd oder Beweidung die Entwicklung zum Laubmischwald zu verhindern. Das Ergebnis sind lichte, parkartige Wälder mit reicher Bodenflora. Sie fallen in der Landschaft durch ihren graugrünen Farbton auf und erhalten im Herbst durch gelb leuchtende «Wiesen» des Pfeifengrases (*Molinia arundinacea*) einen besonderen Reiz (Abb. 2 und 3).

Frühere Nutzung führte auch im Bereich dieser Wälder zu vielfältigen Landschaftsmustern. Teils findet man klar abgegrenzte Föhrenwaldstücke, oft mit randlichen Magerrasen, teils überwiegt der Rasenanteil, indem Föhrenbestände und Kleingehölz grössere offene Flächen umranden oder gliedern. Zwischen Wald und Rasen bestehen fließende Übergänge.

Problemstellung

Bei aller äusseren Ähnlichkeit – bedingt durch das Vorherrschen der Föhre – gibt es zwischen den untersuchten Wäldern und auch innerhalb derselben bedeutende standörtliche Unterschiede hinsichtlich Bodenrelief, Exposition, Licht und Feuchtigkeit. Charakteristisch für die Flora ist daher das Vorkommen von Arten mit sehr divergierenden Ansprüchen auf engem Raum.

Die vorliegende Studie versucht, ökologische und floristische Züge dieser Wälder zu charakterisieren und verallgemeinernd darzustellen. Ferner soll die Beziehung zu den Magerwiesen beleuchtet werden.



Abb. 3: Aufgelockerter Föhrenwald auf dem Nätteberg bei Bözen.

Methode

Als Basis dienen 12 Föhrenwälder des Aargauer Juras, von denen in den Jahren 2003–2005 annähernd vollständige Artenlisten mit Häufigkeitsangaben erstellt wurden. Wegen der oft engen Nachbarschaft und Verzahnung von Föhrenbeständen und Magerrasen erfasst das floristische Inventar nicht nur die oft schwer abgrenzbaren Waldanteile, sondern auch angrenzende oder integrierte Rasen.

Um die Beziehung zu den Magerwiesen zu verdeutlichen, wird die Artenliste der Föhrenwälder mit jener von 13 südexponierten Magerwiesen derselben Juraregion (WASSMER 2004) verglichen.

In den Artenlisten wird nur die Krautschicht erfasst. Die Sträucher, die dank hohem Lichtangebot im Föhrenwald zahlreich vorkommen, werden hier nur summarisch erwähnt: In erster Linie fällt *Juniperus communis* (Wacholder) auf, der als Lichtholzart auf mageren Böden gerne die Föhre begleitet. Ferner findet man häufig *Berberis vulgaris* (Berberitze), *Viburnum lantana* (Wolliger Schneeball), *Sorbus aria* (Mehlbeerbaum), *Ligustrum vulgare* (Liguster), *Frangula alnus* (Faulbaum), gelegentlich auch *Pyrus pyraeaster* (Birnbäum) und selten *Cotoneaster tomentosa* (Filzige Steinmispel) sowie einige andere.

Einengung der Artenliste

Die 12 Föhrenwald-Artenlisten ergeben, zusammengefasst, eine Gesamtliste von 274 Arten. Es ist klar, dass darin etliche für den Lebensraum wenig bezeichnende Arten enthalten sind. Um der floristischen Eigenart näher zu kommen, halten wir uns daher an die nach Stetigkeit und Häufigkeit dominierenden Arten. Wir engen die Gesamtliste stufenweise ein und unterscheiden folgende Gruppen:

Durchgehende Arten (Tabelle 2): Arten, die in höchstens zwei Gebieten fehlen: 67 Arten (24.5%)

Streng gemeinsame Arten: Arten, die lückenlos in allen Gebieten vorkommen: 28 Arten (10%)

Spitzengruppe: die 20 häufigsten der «streng gemeinsamen Arten»

Die Stetigkeit (Regelmässigkeit des Vorkommens) erhält beim gewählten Verfahren etwas mehr Gewicht als die Gesamthäufigkeit: Es werden auch Arten erfasst, welche mit hoher Regelmässigkeit aber geringer Abundanz in den Föhrenwäldern auftreten. Andererseits schliesst das Verfahren z. T. häufige Arten aus, welche für das Erscheinungsbild der Föhrenwälder von Bedeutung sind, nämlich jene, die bei geringer Stetigkeit eine hohe Gesamthäufigkeit erreichen. Von den 14 Arten, welche in 3 Gebieten fehlen, seien daher ergänzend hervorgehoben: *Anthyllis vulneraria* (Wundklee), *Genista tinctoria* (Färber-Ginster), *Inula salicina* (Weiden-Alant), *Medicago lupulina* (Hopfenklee), *Ophrys araneola* (Kleine Spinnenblume), *Ophrys insectifera* (Fliegenblume), *Primula veris* (Frühlings-Schlüsselblume), *Salvia pratensis* (Wiesensalbei), *Centaurea jacea* (Gemeine Flockenblume).

Häufigkeitsangaben

Die Grösse der bearbeiteten Gebiete mit einer Gesamtfläche von über 14 Hektaren erlaubt nur eine grobe Schätzung der Arthäufigkeiten. Es werden 5 Stufen unterschieden: 1= sehr vereinzelt, 2 = spärlich vorhanden, 3 = weder selten noch häufig, 4 = häufig, 5 = sehr häufig, oft aspektprägend. Die Angaben beruhen auf dem Eindruck zahlreicher Begehungen von April bis Oktober (im Mittel 12 pro Gebiet).

Die unvermeidliche Unschärfe dieser Einstufungen wird durch die Summenbildung (Gesamthäufigkeit, Tabelle 2) weitgehend ausgeglichen. Eine einheitliche Bewertung ist dadurch gegeben, dass alle Häufigkeitsangaben vom selben Erfasser stammen.

Nomenklatur

Die Nomenklatur stützt sich auf die Rote Liste des BUWAL (Ausgabe 2002), welche sich nach dem Synonymie-Index der Schweizer Flora (AESCHIMANN & HEITZ 1996) richtet.

Untersuchte Gebiete

Die 12 bearbeiteten Föhrenwälder (Tabelle 1) liegen alle im Aargauer Jura, die meisten im Tafeljura. Bei den Lokalitäten Arenahof, Hundrain und Oberzeihen Bergli stehen Bunte Mergel der Oberen Süsswassermolasse an, welche mit Brocken von Juranagelfluh durchsetzt sind; bei den übrigen Böden handelt es sich um graue Effingermergel.

Interpretation der Artenlisten

Vergleich Föhrenwald / Magerwiese

Die Gesamtliste Föhrenwald ist etwas reichhaltiger als die entsprechende Magerwiesenliste: 274 gegen 246 Arten. Die bei-

Tabelle 1: Untersuchte Gebiete

Gemeinde	Lokalname	Höhe ü.M.	Exposition
Herznach	Arenahof	520 m	SO
Zeihen	Oberzeihen Bergli	540 m	SW
Densbüren	Chäbertsegg	600 m	N bis W
Küttigen	Egghübel	470 m	N bis NW
Bözen/Effingen	Hessenberg	500 m	SO bis S
Effingen	Hinterruge	500 m	S bis SO
Herznach	Hundrain	530 m	S bis SW
Erlinsbach AG	Lehrpfad	520 m	S bis SO
Ueken	Lören	490 m	S bis W
Bözen/Effingen	Nätteberg	500 m	± eben
Effingen	Ruge	500 m	SW
Effingen	Schemel	600 m	SSW

den Listen enthalten zusammen 325 Arten, darunter 195 gemeinsame. Das ergibt eine Florenähnlichkeit oder Affinität von rund 60%. Einen ähnlichen Mittelwert findet man beim Vergleich von Magerwiesen untereinander (WASSMER 2004). Die nahe floristische Verwandtschaft von Föhrenwald- und Magerwiesenflora wird hier deutlich. Grundlage dieser Ähnlichkeit ist neben dem mageren Boden die relative Lichtfülle des Föhrenwaldes.

Die Liste der durchgehenden Arten des Föhrenwaldes enthält 67 Arten, die entsprechende Magerwiesenliste 64 (Tabellen 2 und 3). Diesen Listen sind noch 38 Arten gemeinsam, was einer Affinität von etwa 41% entspricht. Berücksichtigt man nur die jeweiligen Spitzengruppen, so findet man noch 4 gemeinsame Arten und eine Affinität von 11%: Durch die Einengung der Listen hat also die Florenähnlichkeit entscheidend abgenommen, da sich die Unterschiede der beiden Lebensräume geltend machen.

Vergleich der Föhrenwälder nach ökologischen Daten

Engt man die Artenliste ein, so gewinnen unter den ökologischen Gruppen (MOSEER et al. 2002) die Magerwiesenarten deutlich, etwas weniger die Sumpf- und die Fettwiesenarten, während der «Waldanteil» zurückgeht und die Ruderalpflanzen gar verschwinden. Charakteristisch für den Standort sind demnach die Magerwiesenpflanzen. Mit den ökologischen Zeigerwerten (ELLENBERG 1974, LANDOLT 1977) werden die Umweltansprüche der Pflanzen durch die Zahlen 1 bis 5 ausgedrückt (siehe Legende zu Tabelle 4 und Abb. 4–7). Es handelt sich um empirisch gewonnene Werte. Niedrige Zahlen bedeuten einen geringen Anspruch an den betreffenden Umweltfaktor, hohe Zahlen einen hohen. Aus den Zeigerwerten einer einzelnen Art sind keine sicheren Schlüsse zu ziehen, während aus den Durchschnittswerten aller vorhandenen Arten die Bedingungen eines Standortes deutlich hervorgehen.

Tabelle 2: Durchgehende Arten von 12 Föhrenwäldern, mit Häufigkeitsangaben, geordnet nach Gesamthäufigkeit. Arealtypen nach OBERDORFER (1994), vereinfacht.

	Arealtypen	Ruge	Hinterruge	Egghübel	Hessenberg	Arenahof	Schemel	Lehrflad	Ueken Lören	Chäbertsegg	Hundrain	Nättreberg	Oberzeihen	Gesamthäufigkeit
<i>Ophrys apifera</i> s.str.	smed	1	1	1	1	1		1	2		1	1	1	11
<i>Gentiana ciliata</i>	alp/pral	1	1	1	1	1	1	3	1	1	2	2	2	17
<i>Hypericum perforatum</i>	euras	1	2	1	1	2	2	1	1	1	2	3	1	18
<i>Tragopogon pratensis</i> ssp. <i>orientalis</i>	smed	1	1	2	3		1	2	1	2	2	2	1	18
<i>Daucus carota</i>	euras	3	1	2	1	2	2	2	2		1	1	2	19
<i>Agrimonia eupatoria</i>	euras	2	2	1	3	1	1	4	2		1	1	2	20
<i>Agrostis gigantea</i>	euras	1	2	2	2	3	1		2	3	2	2		20
<i>Dactylis glomerata</i>	euras	1	2	2	2	2		1	2	2	2	2	2	20
<i>Gymnadenia odoratissima</i>	alp/pral	1	2	2	3		3	1		2	2	2	2	20
<i>Plantago media</i>	euras	2	2	2			1	2	3	1	3	2	2	20
<i>Platanthera chlorantha</i>	euras	2	1	2	2		2	3		1	2	2	3	20
<i>Senecio erucifolius</i>	euras	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	3	1	20
<i>Festuca ovina</i> aggr.	euras		2	2	2	2	2	2	2		3	2	2	21
<i>Knautia arvensis</i>	euras	1	1	2	2	2	1	2	3	1	1	3	2	21
<i>Ononis repens</i>	subatl	2	1	2	1	3	2	2	1	2	2	1	2	21
<i>Platanthera bifolia</i>	euras	2	2	3	3	1	2		1		2	3	2	21
<i>Leucanthemum vulgare</i> s.str.	euras	1	2	2	2		1	2	3		1	3	5	22
<i>Hieracium murorum</i>	subatl		3	2	1	2	2	3	2		3	2	2	22
<i>Thymus pulegioides</i> s.str.	subatl	4	3		2	1	1		3	2	1	2	3	22
<i>Vicia cracca</i> s.str.	euras	3		2	1	3	1	1	1	3	3	2	2	22
<i>Carlina vulgaris</i>	subatl	2	3	1	3		2	3	1	1	3	2	2	23
<i>Potentilla neummanniana</i>	subatl		2	2	3	1	1	3	1	2	2	4	3	24
<i>Galium verum</i>	euras			3	4	3	1	2	2	2	2	4	2	25
<i>Ononis spinosa</i> ssp. <i>spinosa</i>	smed	2	3	3	3	2	3		2	3	2	2		25
<i>Ranunculus nemorosus</i> aggr.	smed	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	1	3	25
<i>Aquilegia vulgaris</i>	kont		2	2	3	3	3	3	1	2	3	4		26
<i>Galium mollugo</i> aggr.	euras	2	2	2	3	2		2	3	2	2	3	3	26
<i>Listera ovata</i>	euras	2	1	3	3		3	3	1	3	3	1	3	26
<i>Lotus maritimus</i>	euras	3	2	2	4	2	3		3	2		3	2	26
<i>Dactylorhiza fuchsii</i>	euras		3	4	2	1	3	1	2	2	3	2	4	27
<i>Taraxacum officinale</i> aggr.	euras	1	1	2	3	3	2	2	3	1	3	4	2	27
<i>Centaurea jacea</i> ssp. <i>angustifolia</i>	kont		3	2	3	2	3	4		2	2	4	3	28
<i>Koeleria pyramidata</i> aggr.	smed	3	3	2	3	3	2	2	3	1	2	1	3	28
<i>Briza media</i>	euras	2	2	4	2		2	3	4	3	2	3	2	29
<i>Orchis militaris</i>	smed	3	1	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	29
<i>Polygala amarella</i>	kont	4	2	3	1	1	3	2	2	3	2	4	3	30
<i>Campanula rotundifolia</i>	euras	3	4	1	4	2	4	4	2		2	2	3	31
<i>Colchicum autumnale</i>	smed	2	2	4	2	2	2	3	1	5	4		4	31
<i>Trifolium medium</i>	euras	3	4	3	3	2	2	2	3		2	3	4	31
<i>Succisa pratensis</i>	euras	4	3	3	5		4		2	3	1	3	4	32
<i>Leontodon hispidus</i>	euras	2	2	4	3	3	2	3	3	2	2	4	3	33
<i>Linum catharticum</i>	euras	2	4	4	4	4	2	2	3	1	3	3	2	34
<i>Lotus corniculatus</i> s.l.	euras	2	2	4	3	3	2	4	4	3	2	3	3	35

<i>Trifolium montanum</i>	kont	4	4	3	4	2	2	2	2	3	2	3	4	35
<i>Aster amellus</i>	kont		4		4	4	5	3	1	2	3	5	5	36
<i>Viola hirta</i>	euras	2	4		4	4	3	4	1	3	4	5	2	36
<i>Pimpinella saxifraga</i>	euras	3	4	3	3	3	4	2	1	2	4	5	3	37
<i>Gymnadenia conopsea</i>	euras	4	3	3	4	3	3	5	1	3	2	5	2	38
<i>Gentiana germanica</i> ssp. <i>germanica</i>	alp/pralp	2	4	4	5	2	3	5		3	3	5	3	39
<i>Hippocrepis comosa</i>	smed	5	3	2	3	4	3	4	3	3	2	4	3	39
<i>Peucedanum cervaria</i>	euras		1	5	5	5	3	5		4	5	2	5	40
<i>Potentilla erecta</i>	euras	5	4	5	3	3	5		4	5	4		3	41
<i>Prunella grandiflora</i>	kont	4	4	4	4	3	5	2	2	2	3	3	5	41
<i>Euphorbia cyparissias</i>	smed	4	4		4	5	5	2	2	3	5	5	3	42
<i>Euphrasia rostkoviana</i> s.l.	euras	3	5	4	4		4	5		3	4	5	5	42
<i>Bupthalmum salicifolium</i>	alp/pralp	4	3	4	4	4	5	4	2	2	4	3	4	43
<i>Carex flacca</i>	euras	4	2	4	4	2	4	5	4	3	4	4	3	43
<i>Cirsium tuberosum</i>	subatl	3	3	4	4	1	5	4	3	4	4	3	5	43
<i>Anthericum ramosum</i>	kont	1	5		5	5	5	5		5	5	3	5	44
<i>Asperula cynanchica</i>	smed	4	5	1	5	2	5	4	2	4	3	5	5	45
<i>Bromus erectus</i>	smed	5	3	5	1	5	3	5	5		3	5	5	45
<i>Sanguisorba minor</i>	smed	5	5	4	3	3	3	5	5	4	2	4	4	47
<i>Euphorbia verrucosa</i>	smed	5	4	5	4	5	3	5	3	4	4	5	4	51
<i>Molinia arundinacea</i>	kont	2	5	5	5	5	5	4	3	5	5	5	4	53
<i>Brachypodium pinnatum</i>	euras	5	5	5	4	5	5	5	4	5	4	5	3	55
<i>Carex tomentosa</i>	euras	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	4	4	56
<i>Carex montana</i>	kont	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	59

Tabelle 3: Durchgehende Arten von 13 Magerwiesen (WASSMER 2004), mit Häufigkeitsangaben, geordnet nach Gesamthäufigkeit.

	Asp	Erzberg	Acheberg	Brunnenberg	Rodung Sir	Lehrpfad	Mandach	Steindler	Hornussen	Rüdlen	Hard	Buessberg	Mellstorf	Gesamthäufigkeit
<i>Vicia sepium</i>	2	1		1	3	1	2	1	3		3	1	1	19
<i>Rumex acetosa</i>	2	1	2	4	1		1	2	2	1	1	2	2	21
<i>Senecio erucifolius</i>	1	3	3	2		2	1	1	3	1	1	1	2	21
<i>Silene nutans</i> s.str.	3	2	2	1	3	1	3	1	1		1		4	22
<i>Koeleria pyramidata</i> aggr.	2	3	4	4	1	2	2	1		1	3		2	25
<i>Tragopogon pratensis</i> ssp. <i>orientalis</i>	2	2	1	3	1	2	2	4	1	1	3	1	2	25
<i>Veronica chamaedrys</i>	3	3	3	4	2		1		2	3	1	1	2	25
<i>Taraxacum officinale</i> aggr.	2	2	3	1	3	2	1	2	1	2	3	1	3	26
<i>Achillea millefolium</i> aggr.	2	2	3	2	2	2	1	2	1	1	4	3	2	27
<i>Aster amellus</i>	4	2	2	3	3	2	3	2	2		2	2		27
<i>Centaurea jacea</i> ssp. <i>angustifolia</i>	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	28
<i>Poa pratensis</i> aggr.	2	3	2	3	2	2	2	1	3	2	2	2	2	28
<i>Trifolium pratense</i>	1	2	3	4	3	2		3	3	2	2	1	2	28
<i>Arabis hirsuta</i>	3	3	3	3	4	2	2	1	3	3	3			30
<i>Arrhenatherum elatius</i>	2	3	2	3	2	2	2	1	4	2	2	1	4	30
<i>Picris hieracioides</i> s.str.	2	3	3	2	3	2	1	2	3	1	4	2	2	30

<i>Veronica teucrium</i>	3	2	3	3	3	1	3	3		2	3	4		30
<i>Aquilegia vulgaris</i>	3	2	3	1	4	3	2	3	3	3		4		31
<i>Festuca ovina</i> aggr.	4	2		2	3	2	3		4	1	4	1	5	31
<i>Vicia cracca</i> s.str.	3	2	3	4	2	1	2	3	3	3	2	1	2	31
<i>Daucus carota</i>	1	3	4	2		2	3	2	4	2	4	4	2	33
<i>Lathyrus pratensis</i>	2	3	4	4	2	1	3	2	4	1	4	1	2	33
<i>Gymnadenia conopsea</i>	4	2	4	5	2	5	1	3	1	1	1	5		34
<i>Teucrium chamaedrys</i>	2	3	3	2	5	3	4	3	1	2	3	1	2	34
<i>Colchicum autumnale</i>	3	2	3	3	3	3	3	4	3	4	4			35
<i>Plantago media</i>	2	2	4	4	3	2	3	3	2	4	3	1	2	35
<i>Thymus pulegioides</i> s.str.	5	2	3	2	4		3	3	3	2	3	1	4	35
<i>Trisetum flavescens</i>	3	3	3	3	2	1	3	3	3	2	3	4	2	35
<i>Fragaria vesca</i>	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	36
<i>Medicago lupulina</i>	4	3	2	3	3	2	2	4	4	3	3	2	1	36
<i>Polygala amarella</i>	4	3	3	4	4	2		4	3	2	3	1	3	36
<i>Bupthalmum salicifolium</i>	5	3	3	2	5	4	1	2	5	4	3			37
<i>Campanula rotundifolia</i>	4	3	2	4	3	4	3	3		2	2	4	3	37
<i>Dactylis glomerata</i>	2	2	4	4	2	1	3	4	4	2	3	4	2	37
<i>Helictotrichon pubescens</i>	4	4	4	2	4	4	2	2	3	1	2	2	4	38
<i>Knautia arvensis</i>	3	2	2	3	3	2	4	4	3	2	4	4	2	38
<i>Scabiosa columbaria</i>	4	3	2	4	4	2	2	3	2	3	2	4	3	38
<i>Anacamptis pyramidalis</i>	4	3	4	4	3	3	4	4	4	1	4	1		39
<i>Potentilla neumanniana</i>	3	3	3	3	4	3	3	3	2		4	4	4	39
<i>Centaurea scabiosa</i>	5	3	4	4	3	2	3	4	3	2	2	4	2	41
<i>Onobrychis viciifolia</i>	5	2	4	3	2	3	4	5	4	2	4	1	3	42
<i>Pimpinella saxifraga</i> s.str.	5	2	4	3	4	1	5	2	1	4	3	4	4	42
<i>Trifolium medium</i>	3	4	4	3	3	2	3	4	4	2	3	4	3	42
<i>Asperula cynanchica</i>	4	4	4	4	1	4	4	4	4	2	2	1	5	43
<i>Brachypodium pinnatum</i>	3	3	4	4	3	5	4	3	4	3	4	1	2	43
<i>Viola hirta</i>	2	4	4	3	4	4	4	4	2	3	4	2	3	43
<i>Leucanthemum vulgare</i> s.str.	4	4	5	4	3	2	5	4	3		3	5	3	45
<i>Leontodon hispidus</i>	4	2	4	4	2	3	3	4	2	5	4	5	4	46
<i>Linum catharticum</i>	4	3	4	4	4	2	2	4	5	4	4	4	2	46
<i>Lotus corniculatus</i> s.l.	5	3	4	3	4	4	4	4	4	2	5	1	3	46
<i>Anthyllis vulneraria</i>	5	4	3	4	4	4	3	4		3	5	5	3	47
<i>Galium mollugo</i> aggr.	4	4	3	2	3	2	5	4	4	2	5	4	5	47
<i>Prunella grandiflora</i>	4	4	5	5	5	2	2	5	2	3	2	4	4	47
<i>Anthoxanthum odoratum</i> aggr.	5	4	3	4	4		3	4	4	4	4	5	4	48
<i>Ranunculus bulbosus</i>	5	4	3	2	5	3	3	4	5	2	4	5	4	49
<i>Briza media</i>	4	3	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	5	50
<i>Centaurea jacea</i> s.str.	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	5	1	5	50
<i>Ononis repens</i>	5	4	5	5	2	2	4	4	4	2	4	4	5	50
<i>Primula veris</i> s.str.	5	4	5	1	5	4	5	4	4	4	4	5		50
<i>Plantago lanceolata</i>	4	3	5	4	5	3	4	5	4	4	4	4	3	52
<i>Carex caryophyllea</i>	4	5	5	4	5	5	4	4	3	4	4	5	5	57
<i>Salvia pratensis</i>	5	5	5	2	5	4	5	4	4	5	5	4	5	58
<i>Sanguisorba minor</i>	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	62
<i>Bromus erectus</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	65

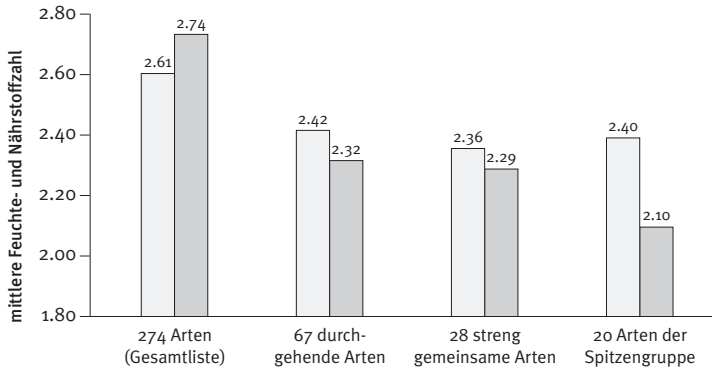


Abb. 4: Abstieg der mittleren Feuchte- und Nährstoffzahlen

- Feuchtezahl (Bodenfeuchte)
- Nährstoffzahl (bezieht sich namentlich auf das Stickstoffangebot)

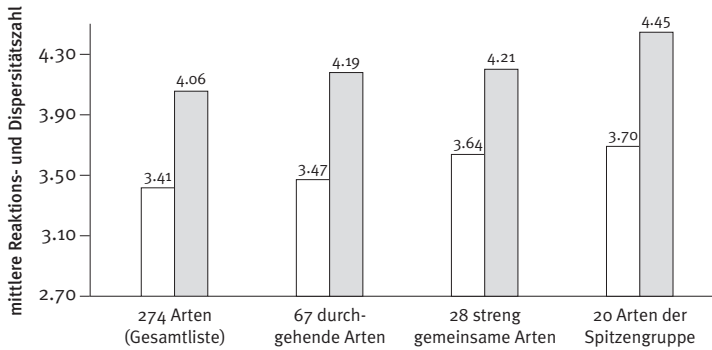


Abb. 5: Anstieg der mittleren Reaktions- und Dispersitätszahlen

- Reaktionszahl (niedrige Zahlen zeigen saure, hohe Zahlen alkalische Böden an)
- Dispersitätszahl (niedrige Werte sprechen für einen grobkörnigen, gut durchlüfteten, hohe Werte für einen feinkörnigen, luftarmen Boden)

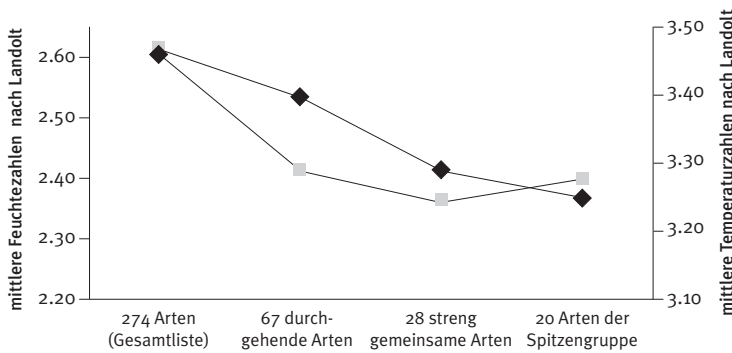


Abb. 6: Veränderung der mittleren Temperatur- und Feuchtezahlen

- Feuchtezahl (Bodenfeuchte)
- ◆ Temperaturzahl

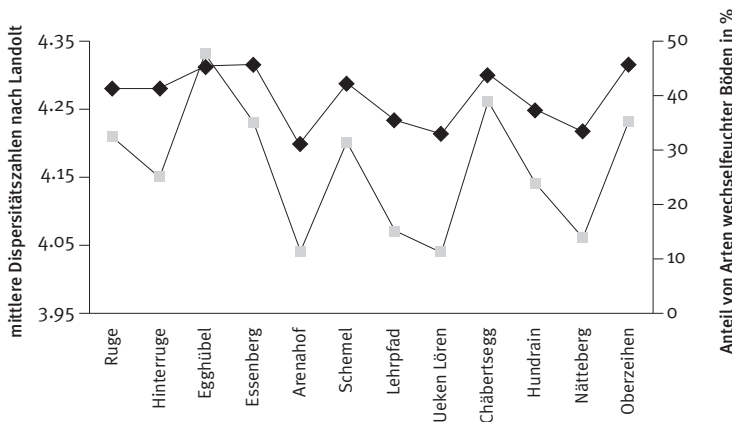


Abb. 7: Korrelation zwischen mittleren Dispersitätszahlen und dem Anteil von we-Arten (Arten wechselfeuchter Böden)

- Dispersitätszahl (niedrige Werte sprechen für einen grobkörnigen, gut durchlüfteten, hohe Werte für einen feinkörnigen, luftarmen Boden)
- ◆ we-Arten in % (Arten wechselfeuchter Böden)

Tabelle 4: Vergleich der mittleren Zeigerwerte der 12 Föhrenwälder mit denen der 13 Magerwiesen.

	Fe	Re	Nä	Hu	Di	Li	Te
Gesamtmittel der 12 Föhrenwälder	2.47	3.54	2.42	3.21	4.16	3.51	3.41
Gesamtmittel der 13 Magerwiesen	2.31	3.59	2.48	3.15	3.96	3.63	3.44

Legende zu Tabelle 4:

Zeigerwerte nach Landolt (Auswahl)

Fe Feuchtezahl (Bodenfeuchte)

Re Reaktionszahl (niedrige Zahlen zeigen saure, hohe Zahlen alkalische Böden an)

Nä Nährstoffzahl (bezieht sich namentlich auf das Stickstoffangebot)

Hu Humuszahl

Di Dispersitätszahl (niedrige Werte sprechen für einen grobkörnigen, gut durchlüfteten, hohe Werte für einen feinkörnigen, luftarmen Boden)

Li Lichtzahl

Te Temperaturzahl

Geht man von der Gesamtartenliste aus und schränkt diese schrittweise bis zur Spitzengruppe ein, so zeigen Reaktionszahlen und Dispersitätszahlen steigende Tendenz, während die mittleren Feuchtezahlen, Nährstoffzahlen und Temperaturzahlen zurückgehen (Abb. 4–6). Darin äussert sich ein Trend zu eher trockenen, nährstoffarmen Böden mit neutraler bis alkalischer Reaktion, hoher Dispersität und Wechselfeuchte. Diese Tendenzen widerspiegeln bereits erwähnte Eigenschaften der kalk- und tonreichen aber nährstoffarmen Mergelböden.

Die Dispersitätszahl ist ein Mass für die «Körnigkeit» und Durchlüftung eines Bodens. Bei der Di-Zahl 5 hat man nach LANDOLT (1977) an eine mittlere Teilchengrösse von 2 μ (0.002 mm) und weniger zu denken. Ein solcher Boden ist dicht, kalt, undurchlässig und schlecht durchlüftet – in landwirtschaftlicher Sicht ein «schwerer» Boden (schwer bearbeitbar).

Tonreiche, feinkörnige (hochdisperse) Böden sind in der Regel auch wechselfeucht, also von stark wechselndem Wassergehalt und entsprechender Konsistenz. Etliche Pflanzen bevorzugen solche Böden, beziehungsweise sind hier noch konkurrenzfähig. Gemäss Abb. 7 besteht zwischen Dispersitätszahlen und dem Anteil von Arten wechselfeuchter Böden (we-Arten) eine auffallende Korrelation.

Vergleich der Zeigerwerte von Föhrenwäldern und Magerwiesen

Die in Abb. 5 und 6 dargestellten Phänomene lassen sich bei analoger Bearbeitung auch bei den untersuchten Magerwiesen beobachten: Absinken der mittleren Feuchtigkeits- und Temperaturwerte und Anstieg der Dispersität. Jedoch beträgt der höchste mittlere Di-Wert bei den Wiesen nur 4.05 (Spitzengruppe). Der entsprechende Wert bei den Föhrenwäldern aber liegt bei Di = 4.45. In dieser bedeutenden Differenz zeigt sich die spezielle Bindung der hier erfassten Wälder an hochdisperse Böden. Der Vergleich der mittleren Zeigerwerte (Tabelle 4) zeigt folgende Unterschiede:

- Die Föhrenwälder sind im Mittel etwas feuchter als die süd-exponierten Magerwiesen der gleichen Region. Nebst dem Baumschatten trägt die Wasserspeicherung des Mergelbodens dazu bei: Feuchte Hangfüsse und Mulden ermöglichen die Existenz hygrophiler Arten wie *Tofieldia calyculata* (Liliensimse), *Parnassia palustris* (Herzblatt), *Epipactis palustris* (Weisse Sumpfwurz), *Lysimachia vulgaris* (Gilbweiderich), *Carex panicea* (Hirschen-Setze) u.a.

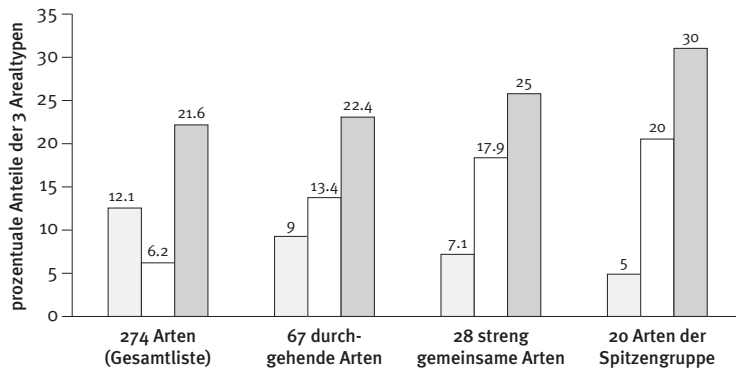


Abb. 8: Abnahme des subatlantischen und Zunahme des kontinentalen und submediterranen Arealtyps.

□ subatlantisch
□ kontinental
■ submediterran

- Wo der Boden infolge starker Besonnung leicht wieder austrocknet, bilden xerophile Arten einen meist lückigen Bewuchs, so *Teucrium chamaedrys* (Echter Gamander), *Linum tenuifolium* (Feinblättriger Lein), *Anthyllis vulneraria* (Wundklee), *Globularia bisnagarica* (Kugelblume), *Carex humilis* (Niedrige Segge), *Bupleurum falcatum* (Sichelblättriges Hasenohr).
- Die Effingermergel sind von Natur aus arm an Pflanzennährstoffen. Die heutigen Föhrenwaldflächen wurden wohl auch kaum je gedüngt. Die Magerwiesen, heute meist unter Naturschutz bzw. durch kantonale Bewirtschaftungsverträge geschützt, lassen dagegen oft noch den Einfluss früherer Düngung erkennen.
- Die Föhrenwaldstandorte haben im Mittel eine wesentlich höhere Dispersität als die Magerwiesen. Das zeigt sich auch im höheren Anteil von Arten wechselfeuchter Böden: bei den 12 Föhrenwaldgebieten beträgt er im Mittel 39.6%, bei den 13 Magerwiesen dagegen nur 27.2%.
- Bei den Lichtzahlen würde man einen grösseren Unterschied erwarten. Offenbar wirkt sich der im Mittel beträchtliche (helle) Rasenanteil der Föhrenwälder aus, ausserdem die Konzeption der Wieseninventare, welche auch Wald- und Gebüschränder und damit viele schattenverträgliche Arten einschliessen.

Arealtypenverteilung im Föhrenwald

Mit der Einengung der Gesamtartenliste entstehen deutliche Verschiebungen auch im Spektrum der Arealtypen (Tabelle 2, Arealtypen nach OBERDORFER 1994 vereinfacht). Diese sind am auffallendsten beim subatlantischen und kontinentalen Arealtyp (Abb. 8). Vom Rückgang des subatlantischen Florenanteils sind aber nicht alle Arten gleichermassen betroffen (*Cirsium tuberosum*, s. u.). Auf die Förderung kontinentaler Arten allgemein in Föhrenwäldern weist auch STEIGER (1994) hin.

Besondere Aspekte der Föhrenwaldvegetation

Prägende Arten

Die durchgehenden Föhrenwaldarten kommen ohne Ausnahme auch auf «reinen» Magerwiesen vor. Die Unterschiede liegen im Gewicht der Arten. So bildet das Pfeifengras (*Molinia arundinacea*) seine reichsten Bestände in den «Pfeifengras-Föhrenwäldern.» Auffallend häufig sind *Carex tomentosa* (Filz-Segge, Abb. 9) an etwas feuchten und *Carex montana* (Berg-Segge) an trockeneren Stellen. Die in der Schweiz wenig verbreitete Knollige Kratzdistel (*Cirsium tuberosum*) hat in den Mergelgebieten des Nordjuras einen ausgesprochenen Schwerpunkt. Allgemein werden we-Arten begünstigt. So finden sich unter den 20 Arten der Spitzengruppe Föhrenwald 11 we-Arten, bei den Magerwiesen deren 5 (Tabelle 5).



Abb. 9: In den Föhrenwäldern sehr verbreitet: die Filz-Segge (*Carex tomentosa*).

Tabelle 5: Wechselfeuchte Arten der Spitzengruppen (we-Arten).

Föhrenwald		Magerwiese	
<i>Gymnadenia conopsea</i>	Grosse Handwurz	<i>Linum catharticum</i>	Purgier-Lein
<i>Gentiana germanica</i> ssp. <i>germanica</i>	Deutscher Enzian	<i>Galium mollugo</i> aggr.	Weisses Labkraut
<i>Peucedanum cervaria</i>	Hirschwurz	<i>Briza media</i>	Zittergras
<i>Potentilla erecta</i>	Tormentill	<i>Ononis repens</i>	Kriechende Hauhechel
<i>Euphrasia rostkoviana</i> s.l.	Gewöhnlicher Augentrost	<i>Primula veris</i> s.str.	Frühlings-Schlüsselblume
<i>Buphthalmum salicifolium</i>	Rindsauge		
<i>Carex flacca</i>	Schlaffe Segge		
<i>Cirsium tuberosum</i>	Knollige Kratzdistel		
<i>Anthericum ramosum</i>	Ästige Graslilie		
<i>Molinia arundinacea</i>	Strand-Pfeifengras		
<i>Carex tomentosa</i>	Filz-Segge		

Eine Vorliebe für wechsellückige Böden haben die beiden *Ononis*-Arten. Während *Ononis repens* (Kriechende Hauhechel) auf Magerwiesen und im Föhrenwald sehr häufig vorkommt, findet man *O. spinosa* (Dornige Hauhechel) auf den Wiesen spärlich, mit auffälliger Regelmässigkeit dagegen im Föhrenwald. Unter den Hahnenfussarten tritt *Ranunculus nemorosus* aggr. (Wald-Hahnenfuss) gegenüber *R. bulbosus* (Knolliger Hahnenfuss) der Magerwiesen stark in den Vordergrund.

Refugium für seltene Arten

Der lichte Föhrenwald ist heute ein Refugium für einige von Natur aus seltene Pflanzen und für Arten, welche durch den allgemeinen Rückgang extensiv genutzter Flächen in der Kulturlandschaft spärlich geworden sind:

***Gentiana ciliata* (Gefranster Enzian):** Ein Rückgang im Mittelland und im Jura wurde schon in der Aargauer Flora von LÜSCHER (1918) beklagt. Die Art kommt zwar in allen 12 untersuchten Gebieten vor, oft aber nur in wenigen Exemplaren.

Tabelle 6: Orchideenvorkommen in den 12 Föhrenwäldern, mit Häufigkeitsangaben. In den Jahren 2003–2005 vom Verfasser festgestellte Zahlen. Da viele Orchideen je nach Witterungsverlauf unregelmässig auftreten, können die Befunde von Jahr zu Jahr variieren. Bei länger dauernder Beobachtung müssten wohl einige Angaben ergänzt bzw. Zahlen nach oben korrigiert werden.

	Ruge	Hinterruge	Eggühbel	Hessenberg	Arenahof	Schemel	Lehrpfad	Ueken Lören	Chäbertsegg	Hundrain	Nätreberg	Oberzeihen	Gesamthäufigkeit
<i>Aceras anthropophorum</i>							1						1
<i>Cephalanthera damasonium</i>											1		1
<i>Dactylorhiza incarnata</i>												1	1
<i>Epipactis helleborine</i>											1		1
<i>Cephalanthera rubra</i>										1	1		2
<i>Orchis ustulata</i> ssp. <i>aestivalis</i>										1	1		2
<i>Neottia nidus-avis</i>									2		1		3
<i>Epipactis muelleri</i>						1	1		1		1	1	5
<i>Ophrys holosericea</i>			1	1			2					1	5
<i>Epipactis atrorubens</i>		1	2	1			1				2	1	8
<i>Ophrys apifera</i> s.str.	1	1	1	1	1		1	2		1	1	1	11
<i>Orchis mascula</i>				2	1	1	4			1		2	11
<i>Cephalanthera longifolia</i>		1		2		1	2		2		3	1	12
<i>Ophrys insectifera</i>		2		2	1		1	1	1	1	2	1	12
<i>Epipactis palustris</i>			3	3		1		2	2	3		1	15
<i>Ophrys araneola</i>		1	1	3		2	3		1	1	2	3	17
<i>Anacamptis pyramidalis</i>			1			1	3	3	1	2	4	3	18
<i>Gymnadenia odoratissima</i>	1	2	2	3		3	1		2	2	2	2	20
<i>Platanthera chlorantha</i>	2	1	2	2		2	3		1	2	2	3	20
<i>Platanthera bifolia</i>	2	2	3	3	1	2		1		2	3	2	21
<i>Listera ovata</i>	2	1	3	3		3	3	1	3	3	1	3	26
<i>Dactylorhiza fuchsii</i>		3	4	2	1	3	1	2	2	3	2	4	27
<i>Orchis militaris</i>	3	1	3	3	1	2	3	3	3	1	3	3	29
<i>Gymnadenia conopsea</i>	4	3	3	4	3	3	5	1	3	2	5	2	38
Orchideenarten pro Gebiet	7	12	13	15	7	13	16	9	13	15	19	18	

***Filipendula vulgaris* (Knollige Spierstaude):** In der Schweiz seltene Art besonders wechsellückiger, toniger, hochdisperser Böden. Sie existiert in 5 von 12 Gebieten und hat im Aargauer Jura einen schweizerischen Verbreitungsschwerpunkt.

***Linum tenuifolium* (Feinblättriger Lein):** Diese relativ seltene xerophile Art sucht sich im Föhrenwald trockene und sonnige Stellen aus.

***Serratula tinctoria* (Färber-Scharte):** Pflanze der Moorswiesen mit Neigung zu tonigen, wechselfeuchten Böden. Nur wenige Vorkommen im Föhrenwald.

***Bupleurum falcatum* (Sichelblättriges Hasenohr):** Xerophile Art warmer Gebüschsäume und lichter Föhrenwälder. Kommt in der Hälfte der untersuchten Gebiete vor und bildet

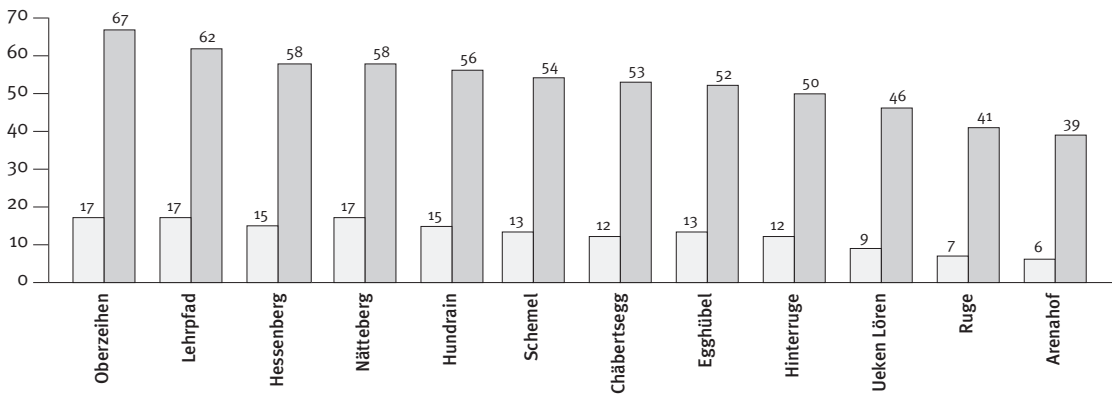


Abb. 10: Arten der Roten Listen «Aargau» (KELLER & HARTMANN 1986) und «Schweiz» (BUWAL 2002) an den untersuchten Lokalitäten. Die Höhe der Säulen entspricht der Anzahl gefährdeter Arten. Anordnung nach kantonalen Werten.

- Schweiz
- Aargau

zum Teil auffallend reiche Bestände. Auf den Magerwiesen (als Saumpflanze) wesentlich seltener.

***Crepis praemorsa* (Trauben-Pippau):** In der Schweiz gefährdete Art, welche wechselflockene tonige Böden liebt. In 4 Gebieten vorhanden. Relativ häufig im Gebiet Oberzeihen Bergli.

Orchideen

Die Mehrzahl der Orchideen unseres Gebietes neigt zu nährstoffarmen, kalkhaltigen und eher feinkörnigen Böden. Hochdisperse Mergelböden werden, sobald sich eine humose Verwitterungsschicht gebildet hat, von vielen Orchideen gut angenommen. Unter 24 Orchideenarten der Gesamtliste finden sich nicht weniger als 19 Arten wechselflockter (auch wechselflockener) Böden, das sind 79 Prozent!

So sind unsere aufgelichteten Föhrenwälder ausgesprochen dankbare Orchideenstandorte und können es in dieser Hinsicht mit den Magerwiesen des Juras aufnehmen. Eine Variante des Pfeifengras- Föhrenwaldes auf etwas reiferem Boden wird geradezu als «Orchideen-Föhrenwald» bezeichnet.

Die Gesamtfläche der erfassten Wälder ist nur etwa halb so gross wie die der untersuchten Wiesen. Man findet gleichwohl 24 Orchideenarten (Tabelle 6), gegenüber 26 auf der Wiesenliste. Im Föhrenwald fehlen u.a. *Himantoglossum hircinum* (Riemenzunge) und *Spiranthes spiralis* (Herbst-Wendelähre). Bezieht man die Zahl der Orchideen auf die einzelnen Gebiete, müssen die 12 Föhrenwälder nicht zurückstehen: Sie enthalten im Schnitt 13 Orchideenarten, die Magerwiesen deren 11.

Fast alle Arten von Tabelle 6 sind sowohl im Föhrenwald als auch auf Magerwiesen zu finden. Unterschiede betreffen Stetigkeit und Häufigkeit:

- So treten die beiden *Platanthera*-Arten (Breitkölbchen, Kuckucksblume) im Föhrenwald mit etwa gleichem Gewicht auf, während auf den Magerwiesen *P. bifolia* stark zurücktritt.
- *Gymnadenia odoratissima* (Wohlfriechende Handwurz) auf den untersuchten Magerwiesen meist fehlend oder sehr

spärlich, gedeiht mit auffallender Regelmässigkeit in den Föhrenwäldern.

- *Ophrys araneola* (Kleine Spinnenblume) gesamtschweizerisch selten, ist in diesen Föhrenwäldern relativ gut vertreten. Sie scheint die Mergelböden des Nordjuras zu schätzen und hat hier einen schweizerischen Verbreitungsschwerpunkt.

Für die naturschützerische Bedeutung der Föhrenwälder bemerkenswert ist folgende Feststellung: Unter den 67 durchgehenden Arten der Föhrenwälder gibt es 8 Orchideen, unter den 28 streng gemeinsamen Arten noch deren 2. Die entsprechenden Zahlen für die Magerwiesen lauten: Unter 64 durchgehenden Magerwiesenarten gibt es 2 Orchideenarten, unter den 45 streng gemeinsamen Arten keine.

Arten der Roten Listen

Nicht alle im Aargau gefährdeten Arten sind auch in der Schweiz gefährdet oder geschützt, was im gebietsbezogenen Diagramm von Abb. 10 zum Ausdruck kommt. Von der Gesamtliste Föhrenwald gelten 11% in der Schweiz als gefährdet, im Aargau deren 38%. Mitgezählt sind dabei auch geschützte Arten, die nicht in den Gefährdungskategorien figurieren.

Vergleicht man Abb. 10 mit den entsprechenden Werten der Magerwiesen, so erweisen sich die Föhrenwälder im Mittel als etwas reicher an gefährdeten Arten, und zwar im Verhältnis 13 zu 11 bezogen auf die Liste Schweiz, und 53 zu 52 bezogen auf die Liste Aargau.

Naturschützerischer Wert

Es liegt nahe, die naturschützerische Bedeutung der einzelnen Wälder nach den Zahlen von Abb. 10 einzuschätzen. Wer die Gebiete unvoreingenommen durchstreift, mag auch ohne floristische Analyse zu einer ähnlichen Rangierung kommen. Allerdings wären für eine umfassende Beurteilung auch Gesichtspunkte wie Flächengrösse, landschaftliche Qualität, Gesamtartenzahl sowie das Vorkommen besonders gefährdeter Arten zu berücksichtigen. Jedenfalls sind all diese Föhrenwald-Gebiete von hohem Naturwert und verdienen uneingeschränkten Schutz.

Dank

Folgende Personen haben mich mit Hinweisen und Auskünften verschiedener Art unterstützt oder mich auf Exkursionen begleitet: Agathe und Hansjakob Belser, Dättwil, Martin Bolliger, Aarau Naturama, Ernst Bopp, Effingen, Gertrud Burger, Freienwil, Dr. Peter Diebold, Herznach, Dr. Adolf Fäs, Aarau, Werner Habermacher, Wölflinswil, Heiner Keller, Oberzeihen, Walter Lüssi, Windisch, Meinrad Riner, Oeschgen, Florence Rügger, Rothrist, Richard Wanner, Wettingen, Susanne Wehrli,

Abt. Wald, Kt. Aargau, Erwin Wullschleger, Rombach, Franz Wülser, Zeihen. Meine Frau nahm viel Mehrarbeit auf sich und begleitete mich auf mehreren Exkursionen. Allen diesen Helfern sei herzlich gedankt.

Einen besonderen Dank schulde ich Prof. em. Dr. Elias Landolt, ETH Zürich, welcher das Manuskript kritisch durchsah und mir wertvolle Ratschläge erteilte.

Frau Dr. Annekäthi Heitz-Weniger danke ich für ihre Hilfe bei der Reduktion des ursprünglich umfangreicheren Textes auf das in der BAUHINIA übliche Format.

Literatur

- BAESCHLIN K (1945) Über den Föhrenwald. Mitt Aarg Naturf Ges 22
- DIEBOLD P, BITTERLI-BRUNNER P & NAEF H (2005) Blatt 1069/1049 Frick-Laufenburg. Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000
- ELLENBERG H (1974) Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas. Erich Goltze KG, Göttingen
- GASSER M (1992) Artenschutzwert von Föhrenwäldern bei Brugg, Kanton Aargau in Abhängigkeit von den ökologischen Standortfaktoren. Ber Geobot Inst ETH Stiftung Rübel 58
- KELLER H & HARTMANN J (1986) Ausgestorbene, gefährdete und seltene Farn- und Blütenpflanzen im Kanton Aargau: Rote Liste Aargau. Mitt Aarg Naturf Ges 31
- LANDOLT E (1977) Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröff Geobot Inst ETH Stiftung Rübel 64
- LANDOLT E (1978) Flora und Vegetation der Steilhänge im unteren Sihlthal. Blätter d Vereinigung Pro Sihlthal 28
- MOSER D M, GYGAX A, BÄUMLER B, WYLER N & PALESE R (2002) Rote Liste der gefährdeten Arten Schweiz Farn- und Blütenpflanzen. BUWAL
- LÜSCHER H (1918) Flora des Kantons Aargau. Verlag Sauerländer, Aarau
- OBERDORFER E (1994) Pflanzensoziologische Exkursionsflora, 7. Aufl. Ulmer
- OTT P (1998/99) Monitoring-Programm Pflegemassnahmen in Orchideen-Föhrenwäldern Hundrain Herznach Kanton Aargau. Diplomarbeit Geograph Inst Univ Zürich
- SCHMID-HOLLINGER R (1972) Der Föhrenwald Büerersteig. Brugger Neujahrsblätter 1972
- STEIGER P (1994) Wälder der Schweiz. Ott Verlag, Thun
- VOSELER P (1928) Der Aargauer Jura. Verlag Sauerländer, Aarau
- WASSMER A (2004) Über einige Magerwiesen des Aargauer Juras. Baudepart des Kantons Aargau Abt Landschaft u Gewässer
- ZIMMERLI S (1994) Das Wald-Naturschutzinventar im Kanton Aargau (WNI), Schlussbericht. Baudep und Finanzdep des Kantons Aargau
- ZOLLER H (1954) Die Typen der *Bromus erectus*-Wiesen des Schweizer Juras. Beitr Geobot Landesaufn Schweiz 33