

Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde
Herausgegeben vom Geographischen Institut der Universität Bonn
ISSN 0373-7187

Heft 47

Schwarzwald und Vogesen
ein pflanzengeographisch-floristischer Vergleich

von

Peter Frankenberg

1979

Bonn

Peter Frankenberg

SCHWARZWALD UND VOGESEN

Ein pflanzengeographisch – floristischer Vergleich

ARBEITEN ZUR RHEINISCHEN LANDESKUNDE

ISSN 0373-7187

Herausgegeben von

H. Hahn W. Kuls W. Lauer P. W. Höllermann und W. Matzat

Schriftleitung: H.-J. Ruckert

Heft 47

Peter Frankenberg

Schwarzwald und Vogesen

Ein pflanzengeographisch – floristischer Vergleich



1979

In Kommission bei
FERD. DÜMMLERS VERLAG · BONN
— Dümmlerbuch 7147 —

Schwarzwald und Vogesen
Ein pflanzengeographisch – floristischer Vergleich

von

Peter Frankenberg

mit 12 Abbildungen und 6 Bildern

In Kommission bei
FERD. DÜMMLERS VERLAG · BONN

1979

Dümmlerbuch 7147

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 3-427-71471-3

© 1979 Ferd. Dümmlers Verlag, 53 Bonn 1
Herstellung: Richard Schwarzbald, Witterschlick b. Bonn

V o r w o r t

Die vorliegende Untersuchung ist ein Beitrag zur vergleichenden Florengographie von Schwarzwald und Vogesen. Im Rahmen des Geographischen Instituts der Universität Bonn, Lehrstuhl Professor Dr. W. Lauer, sind in den letzten Jahren eine Reihe von pflanzengeographischen Forschungen zur Charakterisierung von Landschaftsräumen mit Hilfe der Aufarbeitung floristischen Materials zu Florenspektren gemacht worden. So ergaben sich mit Hilfe dieser Betrachtungsweise neue Erkenntnisse zur floristisch-geographischen Gliederung der Sahara und ihrer Randgebiete.

Diese statistisch-arealkundliche Methode soll mit diesem Beitrag auf den Vergleich zweier auch sonst vergleichbarer Gebirgsräume angewandt werden. Das südliche Oberrheingebiet und seine beiden Talflanken von Schwarzwald und Vogesen zeigen eine auffallende floristische Heterogenität, da Luv- und Lee-Positionen keine Spiegelbildlichkeit dieser Talflanken erlauben. Die auffallende submediterrane Prägung der Flora in den unteren Höhenstufen der Vogesen bildete den Anreiz zu einer solchen Arbeit. Da die beiden Gebirgsflanken sich zum Klima invers verhalten, sollte gerade ein quantitativer Vergleich vor allem in bezug auf den hypsometrischen Wandel besonders interessant sein.

Das Gebiet ist floristisch gut erforscht. Meine Untersuchung stützt sich daher insbesondere auf zahlreiche pflanzensoziologische Geländeaufnahmen, vor allem von ISSLER und BARTSCH. Mit Hilfe von korrelationsstatistischen Methoden werden auch Flora und Klima genauer untersucht.

Den Herausgebern der Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde danke ich für die Aufnahme dieser Arbeit in ihre Schriftenreihe.

Königswinter, im Dezember 1978

Peter Frankenberg

Inhaltsverzeichnis :	Seite
1. Einführung	1
2. Die Vegetationsstufen	1
3. Zur Methode der floristischen Analyse	3
4. Die Ergebnisse der floristischen Analyse	6
4.1 Die Profildiagramme der Arealtypenspektren	6
4.2 Die floristische Analyse der einzelnen Vegetationsstufen	17
4.21 Die Eichenstufen	17
4.22 Die Buchen-Tannenstufe	22
4.23 Die subalpine Waldstufe	24
4.24 Die subalpine Heidestufe	26
4.25 Zusammenfassender floristischer Vergleich der Vegetationsstufen	27
4.3 Flora und Klima	28
5. Die Lebensformen der Flora-Stufen	32
6. Zusammenfassung	34
7. Bemerkungen zur Klima- und Vegetationsgeschichte der Vogesen	35
Résumé	37
Literaturverzeichnis	38

Verzeichnis der Tabellen:

Tab. 1: Regressionsgleichungen und Korrelationskoeffizienten der Beziehung zwischen Flora und Meereshöhe (NN)	13
Tab. 2: Regressionsgleichungen und Korrelationskoeffizienten der Beziehung von Flora und Niederschlag im Schwarzwald	28
Tab. 3: Regressionsgleichungen und Korrelationskoeffizienten der Beziehung von Flora und Temperatur im Schwarzwald	29
Tab. 4: Die relativen Anteile von Phanerophyten und Kräutern in verschiedenen Höhenstufen von Schwarzwald und Vogesen	32
Tab. 5: Regressions- und Korrelationsanalysen der Beziehung des relativen Phanerophytenanteils an den Lebensformenspektren zur Höhenlage der Fundorte	33

Verzeichnis der Abbildungen:

	Seite
Abb. 1: Vegetationsprofil Schwarzwald-Vogesen	2
Abb. 2: Die Hauptverbreitungsgebiete (Arealtypen) der Flora von Schwarzwald und Vogesen	4
Abb. 3: Schema der Florenelemente	4
Abb. 4: Flora-Profil Vogesen mit Standortliste und Lageskizze der Profile von Schwarzwald und Vogesen	8/9
Abb. 5: Flora-Profil Schwarzwald mit Standortliste	10/11
Abb. 6: Arealtypenspektren der unteren Eichenstufe von Schwarzwald und Vogesen	18
Abb. 7: Arealtypenspektren der oberen Eichenstufe von Schwarzwald und Vogesen	20
Abb. 8: Arealtypenspektren der Buchen-Tannen-Stufe von Schwarzwald und Vogesen	23
Abb. 9: Arealtypenspektren des subalpinen Buchenwaldes von Schwarzwald und Vogesen	25
Abb. 10: Arealtypenspektren der subalpinen Borstgras-Heiden von Schwarzwald und Vogesen	26
Abb. 11: Beziehung zwischen der absoluten Anzahl von Phanerophyten zur Meereshöhe in den Vogesen	33
Abb. 12: Pollenprofil aus den Vogesen	35

Verzeichnis der Bilder (im Anhang):

Bild 1: <i>Quercus sessilis</i> -Wald mit <i>Castanea sativa</i> bei Munster (Aufnahme: Verfasser, Herbst 1974)	42
Bild 2: <i>Quercus sessilis</i> (Aufnahme: Verfasser, Herbst 1974)	42
Bild 3: Übergang von Buchen-Tannenwald in Buchenwald südlich des Hohneck (Aufnahme: Verfasser, Frühjahr 1976)	43
Bild 4: Übergang vom Buchenwald in die <i>Nardus stricta</i> -Gesellschaft nordöstlich des Hohneck (Aufnahme: Verfasser, Frühjahr 1976)	43
Bild 5: Buchen an der Waldgrenze des Hohneck (Aufnahme: Verfasser, Frühjahr 1976)	44
Bild 6: Fichten an der Waldgrenze des Schwarzwaldes (Aufnahme: Verfasser, Sommer 1973)	44

1. Einführung

Die Pflanzenwelt von Schwarzwald und Vogesen ist vegetationskundlich-pflanzensoziologisch gut untersucht (vgl. u. a. BARTSCH, 1940; ISSLER, 1942). Diese pflanzensoziologischen Arbeiten legen nun eine quantitative floristische Analyse nach den Florenelementen der Pflanzenwelt nahe, d. h. eine geographisch statistische Betrachtung. Zu einem derartigen pflanzengeographischen Vergleich bieten sich die beiden dem Oberrheingraben zugewandten Flanken von Schwarzwald und Vogesen geradezu an. Sie bestimmen im südlichen Oberrheingraben den Rahmen des Landschaftsbildes.

Geologisch sind sich die beiden Gebirgsflanken als im Zuge der alpidischen Orogenese gehobene Talleisten des Oberrheingrabens durchaus ähnlich; im Süden, den am höchsten gehobenen Teilen, tritt jeweils das Grundgebirge hervor, der Norden ist von mesozoischen Buntsandsteinformationen bedeckt. Zum Oberrheingraben hin fallen Vogesen und Schwarzwald entlang von Verwerfungen jeweils steil ab.

Eine ökologische Differenzierung der Westflanke des Schwarzwaldes und der Ostabdachung der Vogesen dürfte daher kaum edaphisch-petrographisch bedingt sein. Die klimatischen Bedingungen differieren wohl entscheidender. Die Ostabdachung der Vogesen ist im Mittel wärmer und trockener als die Westflanke des Schwarzwaldes. Dies ist eine Folge der vorherrschenden Westwinde, die an der Ostflanke der Vogesen deutliche Föhn effekte hervorrufen. Der Nordschwarzwald ist im Mittel noch feuchter und kühler als der Südschwarzwald, der etwas im Regenschatten der Vogesen liegt, die gegenüber dem Nordschwarzwald in der Zaberner Senke geöffnet sind.

2. Die Vegetationsstufen (Abb. 1)

Floristisch genauer analysiert werden sollen vor allem die durchgehenden Waldgesellschaften und die Heidegesellschaften oberhalb der Baumgrenze, nicht jedoch edaphische oder expositionsbedingte Sonderstandorte wie etwa Schluchtwälder.

Bereits der einfache Vergleich der Vegetationsstufen (Abb. 1) deutet pflanzengeographische Unterschiede zwischen der Westflanke des Schwarzwaldes und der Ostabdachung der Vogesen an (vgl. Abb. 1). Auf diese beiden Gebirgsteeile wird sich die folgende Analyse beschränken.

B i s e t w a 500 m M e e r e s h ö h e dominiert in den Vogesen ein Eichenmischwald, im Schwarzwald ein Eichen-Buchenwald bzw. ein Eichen-Birkenwald. Auf den Kalkvorhügeln der Vogesen herrscht die submediterrane Flaumeiche *Quercus pubescens* vor, auf Silikatgestein, ähnlich wie im Schwarzwald, *Quercus sessilis*, die Traubeneiche (vgl. Bild 1 + 2). Der Kaiserstuhl, im Vorland des Schwarzwaldes, weist auch auf basischen Vulkaniten eine *Quercus pubescens*-Assoziation auf. Fragmente eines submediterranen Eichenwaldes sind überdies in den kalkreichen südwestlichen Ausläufern des Schwarzwaldes am Hochrhein zu finden.

Z w i s c h e n 500 und 1000 m M e e r e s h ö h e prägt in beiden Gebirgen die Buchen-Tannenstufe das Landschaftsbild, wobei in den Vogesen die Tanne zum Teil relativ schwächer repräsentiert ist. Der Buchen-Tannenwald geht dort allmählich nach oben in einen reinen Buchenwald über (vgl. Bild 3).

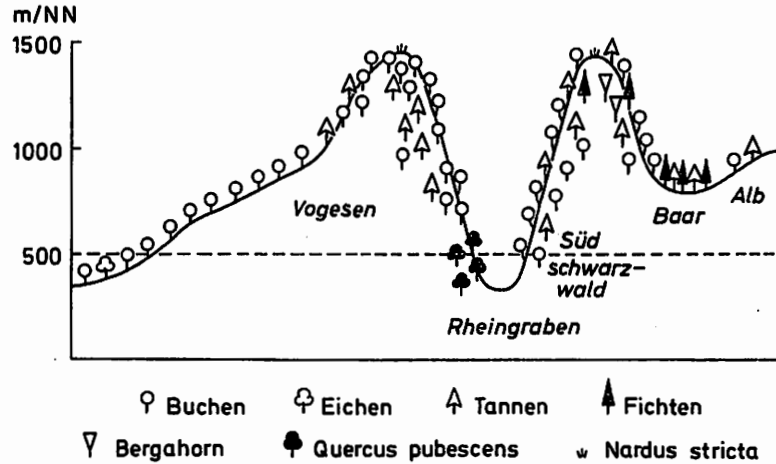


Abb. 1: Vegetationsprofil Schwarzwald-Vogesen

Zahlreiche Varianten von Fichtengesellschaften stocken auf den ärmeren Böden des Schwarzwaldes, vor allem des Nordschwarzwaldes und leiten in die nächste Vegetationsstufe über.

O b e r h a l b v o n 1000 m herrscht danach bis zur Waldgrenze in den Vogesen die Buche vor, im Schwarzwald ein Bergahorn-Buchen-Fichten-Mischwald. Der Bergahorn spielt jedoch auch in den Vogesen eine bedeutendere Rolle, prägnant etwa an der Südabdachung des Grd. Ballon (Belchen), wo er bis zur Baumgrenze reicht. Die Fichte ist in den Vogesen wahrscheinlich nicht heimisch (ISSLER, 1942). Sie beschränkt sich dort heute auf ein quasi-natürliches Areal zwischen Hohneck und Col de la Schlucht. Im Schwarzwald ist demgegenüber in seinem Nordteil eine echte Fichtenstufe (Fichtenklimax) ausgebildet. Fichte, seltener Buche und auch Ahorn bilden die Waldgrenze im Schwarzwald aus, in weit ausschließlicherem Maße die Buche in den Vogesen (vgl. Bild 4). Daß dort in der Höhe die Buche als Laubbaum und nicht die Tanne gegen die subalpinen Heiden vorstößt, sieht ISSLER (1942) in den mit der Höhe zurückgehenden Temperaturen begründet, mit denen eine Bodenverschlechterung einhergeht, die besonders die Tanne benachteiligt. ELLENBERG (1963) vermutet den Pilz *Herpotrichia nigra* als Ursache, der in einem Gebirge mit bereits relativ milden Wintern unter dem feuchten Schnee die Zweige der Nadelbäume umspinne und die Nadeln so abtöte. Winterkahle Laubhölzer würden davon nicht betroffen, auch nach unten hin, mit abnehmender Schneehöhe, sei die Gefahr des Pilzbefalles weniger relevant, ebenso kaum in winterkalten Gebirgen (vgl. dazu besonders: MÜLLER-STOLL, 1954).

Oberhalb der Baumgrenze setzt in beiden Gebirgen eine *Nardus stricta*-Pflanzenassoziation ein, die wohl als Folge der Beweidung ausgebildet wurde. Danach ist die Baumgrenze eigentlich als anthropogen anzusehen. In einer Kampfzone der Gehölze, die vermutlich windbedingt ist, wirkt sich ein Weidegang eliminierend auf den Baumwuchs, vor allem auf das Aufkommen von Keimlingen aus. Unbeweidete Flächen zeigen heute wieder aufkommenden Baumwuchs. Dies läuft nach BARTSCH (1941) im Schwarzwald im Sinne einer Sukzession ab: *Nardus stricta* Weide → *Myrtillus* Zwergstrauchheide → Farne und Fichten → *Acereto Fagetum* (vgl. zu *Nardus stricta* und Baumgrenze auch Bild 5 und 6).

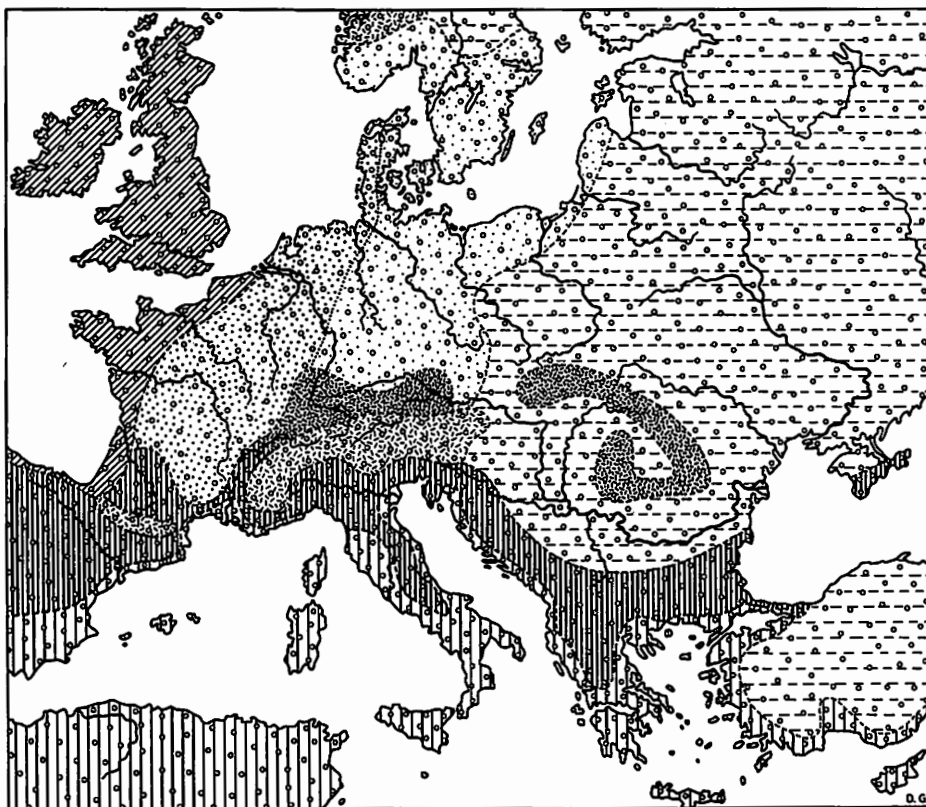
Die Vegetationsstufen der Westabdachung des Schwarzwaldes zeigen sich insgesamt weniger homogen als die an der Ostabdachung der Vogesen. Vor allem Nord- und Südschwarzwald unterscheiden sich erheblicher als nördliche und südliche Teile der Vogesen. Der Übergang von Nord- und Südschwarzwald vollzieht sich vegetationsgeographisch an der Linie Breisgau-Höllental und Ettenheim-Triberg (OBERDORFER, 1939). Nach OBERDORFER (1939) fehlen in der Fichtenstufe unterhalb von 500 m im Nordschwarzwald wärmeliebende Arten des Südschwarzwaldes wie *Melittis* sp. oder *Digitalis lutea*. Die Tannen-Buchenstufe weist im Norden einen höheren Tannenanteil auf, erreicht jedoch im Süden größere Höhen. Im Südschwarzwald folgt darüber keine reine Fichtenstufe, sondern ein Buchen-Bergahorn-Fichten-Mischwald. Im Nordschwarzwald tritt dagegen, wohl auch edaphisch bedingt (Buntsandsteinformation), eine echte Fichtenklimaxgesellschaft, der moosreiche Fichtenwald (*Mastigobryeto-Piceetum* n. BARTSCH, 1940), auf. Der subalpinen Zwergstrauchheide des Südschwarzwaldes, die allerdings auch noch auf dem Kniebis anzutreffen ist, entspricht im Nordschwarzwald teilweise ein *Callenuto-Genistetum pilosae* (BARTSCH), also eine mehr atlantisch geprägt Bergheide.

Vogesen und Südschwarzwald erscheinen in ihren Vegetationsstufen noch relativ nahe verwandt, die größeren pflanzengeographischen Unterschiede bestehen wohl zwischen Vogesen und Nordschwarzwald.

3. Zur Methode der floristischen Analyse

Die floristisch vergleichende Analyse von Schwarzwald und Vogesen soll eventuelle pflanzengeographische Unterschiede auch quantitativ deutlich machen und auf ihre Signifikanz hin statistisch prüfen helfen. Sie basiert auf einer Einteilung der Pflanzenwelt beider Gebirgsteile in Florenelemente, d. h. Geoelemente im Sinne KLEPOWS (vgl. H. WALTER, H. STRAKA, 1970). Arten des gleichen Hauptverbreitungsgebietes (Arealtypus) sind dementsprechend in Anlehnung an OBERDORFER (1962) zu einem Florenelement zusammengefaßt worden. Für die bereits pflanzensoziologisch untersuchten Standorte der Vogesen und des Schwarzwaldes konnte danach jeweils der Anteil der einzelnen Florenelemente an der Gesamtzahl der vorkommenden Pflanzenarten unter Berücksichtigung der Individuenzahlen ermittelt werden (Arealtypenspektren).

An Florenelementen wurden in Anlehnung an OBERDORFER (1962) sechs Hauptflorenelemente, dazu drei submediterrane Verbindungselemente unterschieden (vgl. zu Arealtypen der Florenelemente Abb. 2 und zu der Stellung der Hauptflorenelemente, der Verbindungselemente und der sog. Florenelemente im weiteren Sinne Abb. 3):



- | | |
|---|---|
| Mediterraner Arealtypus | Eurasiatischer Arealtypus |
| Submediterraner Arealtypus | Praelpiner Arealtypus |
| Atlantischer Arealtypus | Alpiner Arealtypus |
| Subatlantischer
Mittleuropäischer Arealtypus | Die Arealtypen der "Verbindungselemente" sind nicht verzeichnet |

Abb. 2: Die Hauptverbreitungsgebiete (Arealtypen) der Flora von Schwarzwald und Vogesen

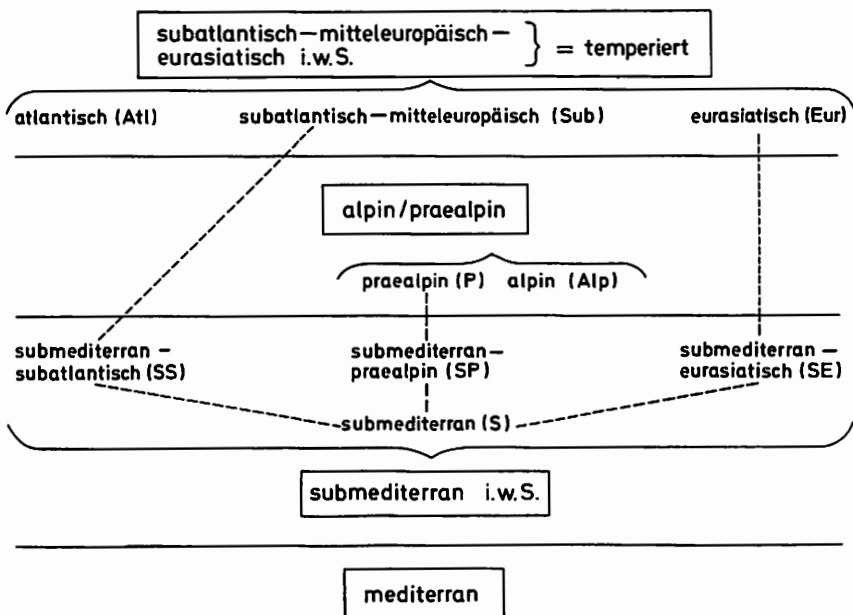


Abb. 3: Schema der Florenelemente

Das submediterrane Florenelement (S) umfaßt die Pflanzenarten, die in Südfrankreich, Italien und der Balkanhalbinsel ihre Arealschwerpunkte nördlich der Ölbaumgrenze, aber südlich und westlich des Alpenorogens haben.

Das praealpine Florenelement (P) integriert alle Spezies, die dem Alpenvorland, dem Karpatenbogen, vor allem aber dem Schwarzwald und den Vogesen selbst sowie auch dem bayerisch-böhmischen Grenzgebirge eigentümlich sind. Es beinhaltet demnach auch Lokalendemiten wie das Vogesenstiefmütterchen *Viola lutea*.

Das subatlantisch-mitteleuropäische Florenelement (Sub) faßt alle Pflanzenarten zusammen, die ihr Hauptverbreitungsgebiet im küstenferneren Frankreich sowie in Deutschland aufzuweisen haben.

Das atlantische Florenelement (Atl.) ist im Untersuchungsraum von Schwarzwald und Vogesen nur schwach vertreten, es beinhaltet die den atlantischen Küstensäumen von Nordwest-Iberien über Frankreich bis Irland eigentümlichen Pflanzenarten.

Zu einem eurasiatischen Florenelement (Eur) sind alle Spezies gruppiert worden, die etwa östlich der Oderlinie ihre Hauptverbreitung aufweisen. Sie sind für das Untersuchungsgebiet im wesentlichen osteuropäischer Provenienz.

Dem alpinen Florenelement (Alp) sind alle Pflanzenarten zugesellt worden, die in den Alpen und vereinzelt den arktischen Gebieten heimisch sind (alpine + arktisch alpine Spezies), wozu auch Glazialrelikte gerechnet wurden (vgl. LITZELMANN, 1961).

Zur genaueren Analyse des submediterranen floristischen Einflusses in Schwarzwald und Vogesen sind drei submediterrane Verbindungselemente ausgegliedert worden:

Das submediterran-subatlantische Florenelement (SS) beinhaltet alle Pflanzenarten, die mit ihrem Hauptverbreitungsgebiet sowohl in den Bereich des subatlantisch/mitteleuropäischen als auch des submediterranen Arealtypus zu liegen kommen.

Das submediterran-praealpine Florenelement (SP) integriert die Pflanzenarten, die mit ihren Arealschwerpunkten aus dem submediterranen Raum in den praealpinen überleiten.

Alle Spezies, deren Hauptverbreitung sowohl dem submediterranen als auch dem eurasiatischen Arealtypus zugehörig ist, sind dem submediterran-eurasiatischen Verbindungselement (SE) zugerechnet worden.

Es wurden also insgesamt nach den Verbreitungsgebieten der Pflanzenarten (Arealtypen) neun Florenelemente unterschieden, die das Grundgerüst der floristischen Analyse von Schwarzwald und Vogesen abgeben.

Als Grundlage der floristisch-statistischen Analyse konnten die pflanzensoziologischen Untersuchungen von ISSLER (div. Publ., v. a. 1942) in den Vogesen und von BARTSCH (1940) sowie von HARTMANN/JAHN (1967) bzw. von OBERDORFER (1957) für den Bereich des Schwarzwaldes, dazu von seiten v. ROCHOWS (1951) für den Kaiserstuhl dienen. Für einen Großteil der pflanzensoziolo-

gisch analysierten Standorte der Hauptwaldgesellschaften und des *Nardetum* von Schwarzwald und Vogesen konnten so soziologische Arealtypenspektren im Sinne von FRANKENBERG (1978) errechnet werden. Sie sind in den Profildigrammen der beiden Gebirge (Abb. 4 u. 5) vorgestellt. Das soziologische Arealtypenspektrum enthält dabei nicht einfach die jeweiligen prozentualen Anteile der Pflanzenarten der einzelnen am Standort vertretenen Florenelemente, sondern berücksichtigt nach der pflanzensoziologischen Mengenskala (BRAUN-BLANQUET, 1964) gleichsam auch die Individuenzahl, so daß jede Pflanzenart gewichtet nach ihrer Bedeutung im Bestand gemäß ihrer Zugehörigkeit zu einem Florenelement in ihrem Arealtypenspektrum vertreten ist. Nach der pflanzensoziologischen Mengenskala geht danach eine Art mit dem Rang + unter dem Faktor 1 und eine Art mit dem Rang 2 unter dem Faktor 3 usw. in das Arealtypenspektrum des betreffenden Fundortes ein. Dabei wird die Summe aller Mengenskalenwerte gleich 100 % gesetzt (vgl. dazu im einzelnen FRANKENBERG, 1978). Für ausgewählte Pflanzenstandorte von Schwarzwald und Vogesen wurde so etwa der prozentuale Anteil errechnet, den zum Beispiel submediterrane Arten (S) nach ihrer Individuenzahl in den Kalkvorhügeln der Vogesen erreichen und welche Florenelemente in welcher Relation das Arealtypenspektrum zu 100 % ergänzen.

Es resultiert aus diesem Vorgehen eine quantitativ vergleichende Vorstellung der Pflanzenwelt von Schwarzwald und Vogesen, die statistisch beschreiben und absichern kann, was auch an qualitativen Aussagen möglich ist.

4. Die Ergebnisse der floristischen Analyse

Nach TROLL (1925) gehören Schwarzwald und Vogesen floristisch in eine Übergangsregion zwischen der mitteleuropäischen Vegetationsprovinz und subatlantischen Einflüssen. Schwarzwald und Vogesen seien in der Höhe bereits subalpin. Danach sind das subatlantisch-mitteleuropäische Florenelement (Sub) sowie das praealpine Geoelement (p) die für entsprechende Höhenstufen zonalen Elemente der beiden Gebirge. Alle anderen Artengruppen strahlen gleichsam nur ein.

4.1 Die Profildigramme der Arealtypenspektren (Abb. 4 u. 5)

Das Profildigramm der Arealtypenspektren der Vogesen (Abb. 4) weist in der unteren Höhenstufe (Eichenstufe) (bis etwa 500 m) hohe Anteile von submediterranen Arten (i.w.S.) (vgl. Abb. 3) aus, d. h. submediterrane (S) Arten i.e.S., submediterran-eurasiatische (SE) Arten und submediterran praealpine (SP) Pflanzen. In der Regel herrscht eine deutliche absolute Dominanz (über 50 %) dieser Spezies vor. Dies gilt auch für entsprechende Standorte des Südschwarzwaldes oder des Kaiserstuhls (Abb. 5), nicht jedoch für den Nordschwarzwald, wo das subatlantische Florenelement (Sub) bereits in dieser Höhenstufe in den Arealtypenspektren vorherrscht. Allerdings gibt es dort auch keine Kalkvorhügelzone thermischer Bevorzugung mehr.

Zwischen den einzelnen floristisch submediterran (i.w.S.) geprägten Standorten der Vogesenostseite lassen sich deutliche Differenzen erkennen (Abb. 4). Mal herrscht das eigentliche submediterrane Florenelement vor (S), in der Regel auf Südhängen, mal das submediterran-eurasiatische Florenelement (SE), am deutlichsten bei Nordexposition des Standortes. Auf den Kalkvorhügeln der Vogesen spielt das submediterran-subatlantische Florenelement (SS) eine nur untergeordnete Rolle. Es wird jedoch auf dem Silikatgestein der Vorbergzone in

der *Quercus sessilis*-Assoziation das eindeutig beherrschende Florenelement, am ausgeprägtesten bei Ste. Marie (Standort Nr. 12 auf Abb. 4), bei Südwestexposition des Standortes oder auch bei Orschwir (14) auf einem Nordosthang. Andeutungsweise tritt dieser Übergang von der Dominanz submediterraner (S) oder submediterranean-eurasiatischer Flora (SE) in den unteren Stufen der Vorhügel zur Dominanz des submediterranean-subatlantischen Florenelementes (SS) auch am Schwarzwald bei einem Vergleich der Flora des Kaiserstuhls (35) und von Grenzach (41) mit derjenigen des Markgräfler Hügellandes hervor, obwohl die petrographischen Unterschiede dort nicht gleichgerichtet sind mit dem Übergang von Kalk- zu Silikatböden in den Vogesen, denn das Markgräfler Hügelland gehört eigentlich zu einer Kalkvorhügelregion des Schwarzwaldes, in der Juragesteine anstehen. In den höheren Stufen von Schwarzwald und Vogesen tritt von den submediterranen Florenelementen (vgl. Abb. 3) zumeist das subatlantisch-submediterrane Florenelement (SS) hervor, oberhalb von etwa 1000/1100 m dann jedoch generell die praealpin-submediterrane Flora (SP), gegenüber den übrigen submediterranen Florenelementen (i.w.S.).

Die Höhenstufe des *B u c h e n - T a n n e n w a l d e s* zwischen etwa 600 und 900 m beherrscht im Mittel der einzelnen Arealtypenspektren sowohl in den Vogesen als auch im Schwarzwald eindeutig das subatlantisch-mittel-europäische Florenelement (Sub), also die eigentlich zonale Flora. Abweichungen davon machen im Schwarzwald vor allem die *Piceeten* dieser Höhenstufe deutlich, die jeweils auf ärmeren Böden stocken als der Tannen-Buchenwald, der diese Höhenstufe vor allem im Südschwarzwald eigentlich prägt. Die *Picea excelsa-Luzula nemorosa*-Assoziation zeigt, wie die Standorte 16, 17, 18 und 20 (Abb. 5) deutlich machen, auch im Mittel keine Dominanz der zonalen subatlantisch-mitteleuropäischen Flora (Sub). In ihr herrscht das praealpine Element (P) vor, also eine mehr oder weniger endemische Variante, in erster Linie im Südschwarzwald, wohingegen der Nordschwarzwald sich auch bei dieser Assoziation floristisch subatlantisch-mitteleuropäischer erweist. Eine Feststellung, die eigentlich für alle Vegetationsstufen durchgehend getroffen werden kann. Das *Mastigobryeto-Piceetum* macht bei einer allgemeinen Dominanz der subatlantisch-mitteleuropäischen Flora (Sub) im Südschwarzwald ebenfalls deutlichere Abweichungen an den Standorten 12. und 14 (Abb. 5) wahrscheinlich. Dort herrscht die eurasiatische Flora (Eur) vor. Als Variante des *Fageto-Abietum* weist der hainsimsenreiche Tannen-Buchenwald des Schwarzwaldes im Südschwarzwald eine relativ starke Stellung des eurasiatischen Florenelementes (Eur) auf, die erheblich über dem Mittelwert der gesamten Assoziation liegt. Dieser Typus des Tannen-Buchenwaldes ist wie die *Piceeten* überwiegend an edaphisch arme, flachgründige Standorte gebunden. Es scheint, daß mit zunehmender Bodenverarmung und auch Versauerung das eigentlich prägende subatlantisch-mitteleuropäische Florenelement (Sub) vor allem im Südschwarzwald von der eurasiatischen oder der praealpinen Flora verdrängt wird. Der Nordschwarzwald ist dagegen eindeutiger subatlantisch-mitteleuropäisch geprägt, wie in dieser Höhenstufe auch die Vogesen, die ja offenbar von den *Piceeten* nicht mehr haben erreicht werden können. Der Oberrheingraben scheint eine Westgrenze der geschlossenen natürlichen Fichtenverbreitung darzustellen.

In der *B u c h e n w a l d s t u f e* der Vogesen herrscht bei starker Stellung des praealpinen Florenelementes (P) in der Regel das subatlantisch-

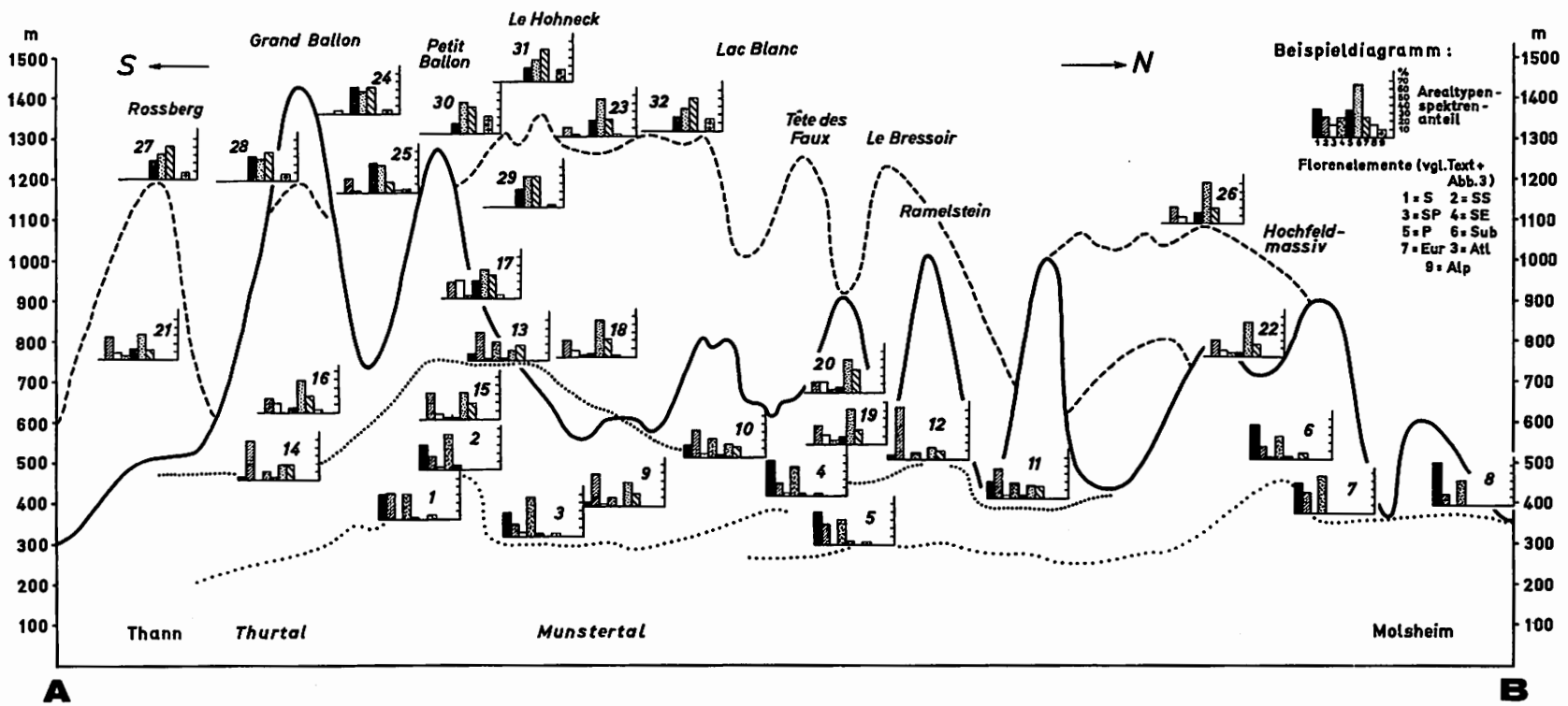
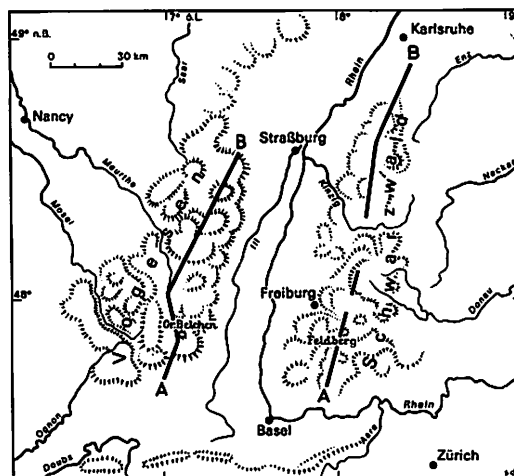


Abb. 4: Flora-Profil Vogesen mit Standortliste und Lageskizze der Profile von Schwarzwald und Vogesen

Standortliste der Arealtypenspektren zu Abb. 4

1 bei Rouffach	} -- <i>Quercus pubescens</i> Ass.
2 bei Osenbach	
3 Florimont	
4 + 5 Sigolsheimer-Berg	
6 bei Oberehnheim	
7 bei Bischoffsheim	
8 bei Rosenwiller	
9 bei Wintzenheim	
10 bei Kaysersberg	} -- <i>Quercus sessilis</i> Ass.
11 bei Scherwiller	
12 bei Ste Marie aux Mines	
13 bei Soultzbach i. Munstertal	
14 bei Orschwir	} -- <i>Fagus silvatica-Abies alba</i> Ass.
15 bei Osenbach	
16 bei Guebwiller	
17 bei Sondernach i. Munstertal	
18 bei Soultzbach i. Munstertal	
19 Tal von Ribeauvillé	
20 bei Ribeauvillé	
21 zwischen Thur- und Dollertal	} -- <i>Fagus silvatica</i> Ass.
22 Forêt d'Andlau	
23 Le Hohneck-Massiv	
24 Le Starkenkopf am Grd. Ballon	
25 Le Klintzkopf i. Bois de Munster	} -- <i>Nardus stricta-Vaccinium</i> Ass.
26 Hochfeld-Massiv	
27 Le Rossberg b. Thann	
28 Drumontgipfel	
29 Kahlenwasen	
30 Batteriekopf	
31 Le Hohneck-Westhang d. Gipfels	
32 Tanneckgipfel	



Lageskizze der Profile in Schwarzwald und Vogesen

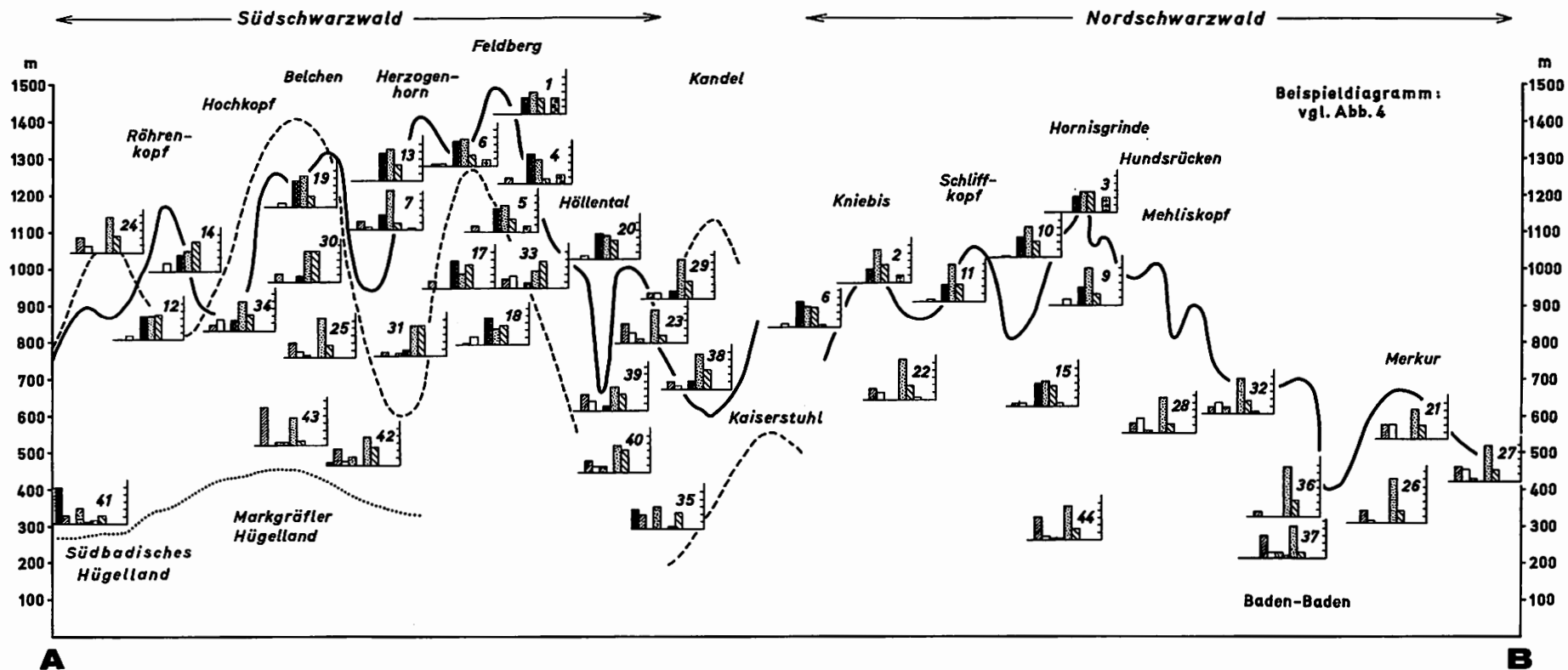


Abb. 5: Flora-Profil Schwarzwald mit Standortliste

Standortliste der Arealtypenspektren zu Abb. 5

(mit Ergänzungen)

1 Seebuck/Feldberg	}	<i>Nardus stricta-Leontodonpyrenaticus</i> Ass.
2 Kniebis		
3 Hornisgrinde		
4 Feldberg	}	<i>Acereto-Fagetum</i>
5 Seebuck/Feldberg		
6 Schauinsland		
7 bei Todtnauberg		
8 Notschrei, nicht abgebildet: SS = 9,68 %; SP = 1,61 %; P = 38,71 %; Sub = 38,71 %; Eur = 8,06 %; Alp = 3,23 %		
9 bei Ruhenstein	}	<i>Mastigobryeto-Piceetum</i>
10 Hornisgrinde		
11 Vogelskopf		
12 Todtmoos/Schwarzenbach		
13 Feldberg	}	<i>Picea excelsa-Luzula nemorosa</i> Ass.
14 Hotzenwald		
15 Huzenbach		
16 Dorf Kniebis		
17 Erlenbruck		
18 Königsfeld		
19 Bernau		
20 Friedenweiler	}	<i>Abieto-Fagetum</i> (waldschwingelreich)
21 Würzbach		
22 Allerheiligen		
23 Hüttental		
24 Gersbach (Diefenschwandter-Kopf)		
25 Oberes Steinatal		
26 zwischen Baden u. Gernsbach		
27 bei Herrenalb		
28 Oberbühlertal	}	<i>Abieto-Fagetum</i> (hainsimsenreich)
29 Muggenbrunn		
30 Sirnitz		
31 Todtnau (Brandenkopf)		
32 Oberbühlertal	}	<i>Querceto-Lithospermetum</i>
33 Hinterzarten (Kaiserwacht)		
34 Todtmoos	}	<i>Quercus sessilis</i> Ass.
35 Kaiserstuhl bei Achkarren		
36 Baden-Baden (Langert)	}	<i>Abieto-Fagetum</i> (perlgrasreich)
37 Baden-Baden		
38 Roßkopf		
39 bei Freiburg	}	<i>Abieto-Fagetum</i>
40 Wildtal		
41 bei Grenzach/südbadisches Hügelland		<i>Buxo-Quercetum</i>
42 Untermünstertal		<i>Quercus sessilis</i> Ass.
43 Müllheim/Markgräfler Hügelland		<i>Cephalanthero-Fagetum</i>
44 bei Sasbach-Walden		<i>Melico-Fagetum</i>

mitteleuropäische Florenelement (Sub) vor. Im Schwarzwald ist dies in der vergleichbaren Höhenstufe ebenso der Fall. Zwei der höchstgelegenen Standorte der *Fagus sylvatica*-Assoziation der Vogesen werden wie das nach oben folgende *Nardetum* floristisch nicht von der subatlantisch-mitteleuropäischen Flora beherrscht, sondern durch die eurasiatischen bzw. praealpinen Florenelemente an Standort 24 (Abb. 4) oder alleine durch die praealpine Flora an Standort 25 (Abb. 4). Im Schwarzwald dominiert bei einer Abweichung an Standort 4 (Abb. 5) ebenfalls das praealpine Florenelement (P). Ansonsten herrscht im Schwarzwald ziemlich durchgehend die subatlantisch-mitteleuropäische Flora (Sub) bis in die Gipfelbereiche vor; dies gilt auch für das Areal des *Nardetum*, die subalpine Borstgrasheide.

In der subalpinen *Nardetum*-Heide der Vogesen dominiert dagegen oberhalb der Baumgrenze im Mittel knapp das eurasiatische Florenelement (Eur), das im Bereich des Schwarzwaldes nur in seinem Norden, an der Horngrinde (Nr. 3), vorherrscht, d. h. in einem *Nardetum*, das aus einer Moorgesellschaft hervorgegangen ist. In beiden Gebirgsstöcken erreichen in diesen Gipfelbereichen jedoch das subatlantisch-mitteleuropäische (Sub) und das eurasiatische Florenelement (Eur), dazu die praealpine Flora (P), hohe Prozentwerte in den soziologischen Arealtypenspektren, so daß die unterschiedlichen Dominanzverhältnisse aus relativ geringfügigen Verschiebungen der einzelnen prozentualen Anteile resultieren. Nimmt man die praealpine (P) und die alpine (Alp) Flora zusammen, so zeigt sich im Schwarzwald eine Dominanz dieser Elemente, während sich in den Vogesen im Mittel das eurasiatische Florenelement noch knapp auf dem ersten Rang in den Spektren behaupten könnte.

Der floristische Überblick ergibt für die Vogesen und den Südschwarzwald in der untersten Flora-Stufe eine Dominanz des submediterranen Florenelementes (S) oder des submediterran-eurasiatischen Florenelementes (SE) auf den Vorhügelbereichen. Offenbar finden südliche und südöstliche, relativ wärmeliebende Pflanzenarten auf den auch edaphisch wärmeren und z. T. edaphisch trockeneren Kalken bzw. Vulkaniten ein ihnen im Sinne der relativen Standortkonstanz (WALTER) noch adaequates Milieu, das ihre Wettbewerbssituation gegenüber der zonalen subatlantisch-mitteleuropäischen oder auch der eurasiatischen Flora entscheidend stärkt, so daß diese Floren dort weitgehend aussetzen. An Standorten wie bei Grenzach in Südbaden tritt sogar der Buxbaum (*Buxus sempervirens*) mit vielen Individuen auf. Dort sind bereits Anklänge einer mediterranen Flora festzustellen. In der Eichenstufe des Markgräfler Hügellandes und in den Silikatvorbergen der Vogesen herrscht das submediterran-subatlantische Florenelement (SS) vor. Das Klima ist dort etwas feuchter als auf den Kalkvorhügeln, so daß diese westlichen wärmeliebenden Arten bevorzugt Fuß fassen können. Darüber ist der Schwarzwald floristisch eindeutig subatlantisch geprägt, einschließlich seiner Gipfelbereiche; die Vogesen sind es demgegenüber nur bis zur Baumgrenze, darüber spielt in der Regel das eurasiatische Florenelement (Eur) eine primäre Rolle.

Abweichungen von dem mittleren Bild der Florendominanz der durchgehenden Vegetationsstufen von Schwarzwald und Vogesen lassen sich wohl vornehmlich edaphisch erklären. Auf ärmeren Böden, die meist an Sandsteinformationen gebunden sind, dominiert als Ausnahme vor allem in der eigentlichen Tannen-Buchenwaldstufe des Südschwarzwaldes die praealpine (P) oder die eurasiatische (Eur) Flora. Beide Elemente erweisen sich bei den folgenden statistischen Analysen anspruchslos vor allem gegenüber den thermischen Bedingungen. In der Regel tritt nun auch mit

zurückgehenden Temperaturen eine Bodenverschlechterung ein, so daß dieser Faktorenkomplex die beiden anspruchsloseren Florenelemente gegenüber den anderen Elementen, vor allem der subatlantisch-mitteleuropäischen Flora (Sub) im Wettbewerb begünstigt. Dazu ist jedoch jeweils ein indigener Effekt der einzelnen Pflanzengesellschaften zu berücksichtigen. Die Fichte der *Piceeten* führt etwa zur Bodenversauerung und schafft dadurch praealpinen und eurasiatischen Elementen weitere Wettbewerbsvorteile.

Präzise Korrelations- und Regressionsanalysen des Florenwandels mit zunehmender Meereshöhe, mit der Süd-Nord-erstreckung beider Gebirgsstöcke und mit der Exposition der Pflanzenstandorte sollen nun die in Abb. 4 und Abb. 5 vorgestellten floristischen Verhältnisse von Schwarzwald und Vogesen präzisieren helfen (vgl. Tab. 1).

Tabelle 1: Regressionsgleichungen und Korrelationskoeffizienten der Beziehungen zwischen Flora und Meereshöhe (NN) der Standorte (Vogesen: 31 Standorte; Südschwarzwald: 28 Standorte; Nordschwarzwald: 17 Standorte)

Flora	Regression	Korr.	1. Vogesen
			Sicherungswahrsch.
S+SS+SP+SE	$y = -0,090x + 114,65$	0,8424	99,9 %
SP+P+Alp	$y = +0,033x - 9,54$	0,9028	99,9 %
Sub+Eur	$y = +0,060x + 0,812$	0,7903	99,9 %
<u>2. Südschwarzwald</u>			
S+SS+SP+SE	$y = -0,063x + 79,841$	0,860	99,9 %
SP+P+Alp	$y = +0,043x - 14,41$	0,840	99,9 %
Sub+Eur	$y = +0,020x + 40,25$	0,390	95,0 %
<u>3. Nordschwarzwald</u>			
S+SS+SP+SE	$y = -0,0416x + 46,07$	0,780	99,9 %
SP+P+Alp	$y = +0,0339x - 2,28$	0,846	99,9 %
Sub+Eur	$y = -0,0021x + 67,65$	0,069	unt. 90 %

x = Höhenlage der Standorte in Meter/NN

y = relativer Anteil eines Florenelementes an den soziologischen Arealtypenspektren

Zu diesem Zwecke wurden die submediterranen Florenelemente (S, SS, SP, SE) zu einem submediterranen Florenelement (i.w.S.) zusammengezogen (vgl. Abb. 3), ebenso das eurasiatische Florenelement (Eur) und das subatlantisch-mitteleuropäische Florenelement (Sub) zu einem temperierten Florenelement. Das submediterran-praealpine (SP) und das praealpine Florenelement (P) bilden gemeinsam mit dem alpinen Florenelement (Alp) ein praealpin/alpines Florenelement (i.w.S.) (vgl. Abb. 2 u. 3). Die atlantische Flora (Atl) erwies sich wegen ihrer geringen Anteile an den Arealtypenspektren bei dieser Analyse der Beziehung von Höhe und Flora als vernachlässigbar. Es wurden also drei Florenelemente zunächst in ihrer Beziehung zur Höhenlage der einzelnen Pflanzenstandorte untersucht. Die Varianz der relativen Anteile dieser weitgefaßten Artengruppen an den soziologischen Arealtypenspektren mit der Höhe sollte bestimmt und die Konfidenz dieser Relationen statistisch abgeschätzt werden.

Für den Ostabhang der Vogesen erweisen sich bei allen Florenelementen i.w.S. signifikant gesicherte korrelative Beziehungen zwischen der Meereshöhe der Stand-

orte und den jeweiligen relativen Anteilen der drei Florenelemente an den soziologischen Arealtypenspektren (vgl. dazu jeweils Tab. 1). Die Höhenlage der Standorte vermag danach 71 % der Varianz der submediterranen Flora (i.w.S.) in den Vogesen zu erklären. Ihre relativen Anteile an den Arealtypenspektren gehen im Mittel um 9 % pro 100 m zurück. Im Südschwarzwald (vgl. ebenfalls Tab. 1) liegt der entsprechende Anteil der Varianzerklärung gar bei 73,5 %, im Nordschwarzwald bei nur etwa 60 %. Die Beziehungen sind auch dort jeweils signifikant gesichert. Der floristische Abnahmegradi- ent der submediterranen Flora (i.w.S.) beläuft sich im Südschwarzwald auf nur 6,3 pro 100 m Höhenzunahme, auf 4,1 % im Nordschwarzwald. Die gegen- über den Vogesen geringeren floristischen Gradienten beruhen darauf, daß die Fußstufe des Süd-, vor allem aber die des Nordschwarzwaldes weniger sub- mediterran (i.w.S.) geprägt ist als vor allem die Kalkvorhügel der Vogesen, die Gipfelbereiche beider Gebirgsstöcke aber jeweils ähnliche Anteile von submediterranen Arten (i.w.S.) aufzuweisen haben. Dem entspricht in den Vo- gesen klimatisch jedoch auch die vergleichsweise wärmere Fußstufe. Der über eine Regression errechnete Temperaturgradient der Vogesen liegt mit $0,53^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ($r=0,97,4$ Klimastationen) dementsprechend auch deutlich über demjeni- gen des Schwarzwaldes mit $0,475^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ($r=0,99,5$ Klimastationen). Darin drückt sich der Vogesenföhn auf der einen und die Luvwirkung auf der anderen Seite aus. Dem steileren thermischen Gradienten entsprechen also auch steile- re floristische Gradienten der submediterranen Flora (i.w.S.). Dies ist be- reits ein deutlicher Hinweis auf die thermische Abhängigkeit der submediter- ranen Florenelemente in Schwarzwald und Vogesen.

In den Vogesen vermag der hypsometrische Wandel zu 81,5 % die Varianz des praealpin/alpinen Florenelementes (i.w.S.) zu begründen. Der entsprechende Zunahmegradi- ent beträgt 3,3 % pro 100 m (vgl. jeweils Tab. 1), im Südschwarz- wald 4,3 % und im Nordschwarzwald, ähnlich wie in den Vogesen, 3,4 % bei einer Varianzerklärung von 84 % im Süd- bzw. von 72 % im Nordschwarzwald. Die Höhen des Südschwarzwaldes sind floristisch vor allem alpiner (i.e.S.) ge- prägt als die Höhen der Vogesen oder auch des Nordschwarzwaldes, daher der vergleichsweise höhere floristische Zunahmegradi- ent der praealpin/alpinen Flora im Südschwarzwald. Die Ursache dürfte wohl in der größeren Nähe des Südschwarzwaldes zu den Alpen liegen, so daß sich dort ausgesprochen alpine Pflanzen mit ihren natürlichen Verbreitungsmitteln eher ansiedeln konnten als auf dem Nordschwarzwald oder den Vogesen, die die Burgundische Pforte und der Oberrhein Graben von dem Alpenorogen trennen.

In den Vogesen ist auch eine deutlich signifikant gesicherte Beziehung zwi- schen der Höhenlage der Pflanzenstandorte und den relativen Anteilen des subatlantisch-mitteuropäischen/eurasiatischen Florenelementes (temperierte Spezies) zu konstatieren. Die Höhe über NN vermag immerhin 62 % der Varianz dieser zonalen Artengruppe zu erklären. Im Südschwarzwald ist diese Bezie- hung nur gerade noch ausreichend signifikant gesichert (vgl. Tab. 1), der Varianzerklärungsgrad erreicht jedoch lediglich 15 %, im Nordschwarzwald verhalten sich dagegen die relativen Anteile von Sub+Eur indifferent zur Höhe. Danach ist die Höhenzunahme dieser Artengruppe dort besonders ausge- prägt, wo die Fußbereiche (Vorhügel) besonders günstige Wärmebedingungen aufweisen; je zonal-mitteuropäischer demgegenüber selbst am Fuße der Gebir- ge das Klima ist, um so stärker ist offenbar auch die zonale Flora in allen Höhenstufen gleichmäßig vertreten. Dementsprechend liegt der Zunahmegradi- ent der relativen Anteile des subatlantisch-mitteuropäischen/eurasiatischen

Florenelementes (i.w.S.) auch in den Vogesen mit etwa 6 %/100 m am höchsten und im Südschwarzwald bei starker Variabilität mit 2 % deutlich darunter. In den Höhen des Schwarzwaldes ist diese temperierte Flora generell gleichmäßiger vertreten als in den Vogesen, das eurasiatische Florenelement (i.e.S.) auch auf den Vorhügeln, wo es an den Vogesen nahezu vollständig aussetzt, ähnlich dem subatlantisch-mitteleuropäischen Florenelement (Sub). Dort scheint die mehr zonale Flora der Konkurrenzkraft submediterraner Florenelemente in der Fußstufe unterlegen, ein Faktum, das sich mit zunehmender Höhe vermindert, weil auch mit zunehmender Höhe die thermische Begünstigung der Vogesenostseite durch den Vogesenföhn schwindet.

Zeigt der **h y p s o m e t r i s c h e W a n d e l** der Flora von Schwarzwaldwestflanke und Vogesenostseite vorwiegend eine enge korrelative Beziehung zu der Höhenlage der entsprechenden Pflanzenstandorte, so der **S ü d - N o r d - W a n d e l** der Flora in weit geringerem Maße zu den analogen horizontalen Abständen der Wuchsbezirke. Die analysierten Beziehungen zwischen der **E x p o s i t i o n** der Standorte und ihrer floristischen Ausstattung haben sich in keinem Falle als signifikant erwiesen.

In den Vogesen besteht auf den Kalkvorhügeln eine Tendenz der relativen Zunahme des submediterranen Florenelementes (i.w.S.) nach Norden hin. Allerdings ist diese Tendenz bei einem Korrelationskoeffizienten von 0,23 (8 Wertepaare) statistisch keineswegs gesichert. Wahrscheinlicher ($r=0,6$) ist die gleichgerichtete relative Zunahme dieser wärmeliebenden Pflanzengruppe auf den Silikatvorbergen der Vogesen nach Norden hin um 0,5 % pro 2,5 km. Erwarten würde man demgegenüber eine Abnahme der relativen Anteile dieser Flora südlicher Provenienz nach Norden hin, wie sich dies auch am Schwarzwald in der Höhenstufe unterhalb von 500 m deutlich erweist (Rückgang von 0,47 % auf 2 km, Varianzerklärungsgrad von immerhin 40 %). Eine Erklärung bieten die unterschiedlichen Temperaturverhältnisse an: Vor den Vogesen ist es nicht nur allgemein wärmer als an der Fußstufe des Schwarzwaldes, sondern die Temperaturen gehen auch wesentlich weniger deutlich von Süden nach Norden zurück. Die Maxima der Temperaturen werden an den Kalkvorhügeln der Vogesen nicht am Südrande des Untersuchungsgebietes erreicht, sondern erzielen bei Colmar höchste Werte, die erst südlich von Strasbourg das Julimittel wieder unter 20°C absinken lassen. Selbst Strasbourg hat mit einem Julimittel der Temperatur von 19,3°C noch einen deutlich höheren Wert zu verzeichnen als das weit südlicher gelegene Freiburg mit 19,1°C. Auch für diese thermischen Verhältnisse dürfte wesentlich der Vogesenföhn verantwortlich sein, der die Vogesen in voller Breite überstreicht und im zentralen Teil, dort, wo oberhalb von Colmar im Mittel die größten Höhen erreicht werden, wegen der größten Äquidistanz zur Oberrheinebene, auch den bedeutendsten adiabatischen Erwärmungseffekt bewirkt. Vom Süd- zum Nordschwarzwald ist demgegenüber eine Temperaturreduktion festzustellen, zumal die Fußstufe des Südschwarzwaldes noch im Windschatten der Vogesen liegt, während der Nordschwarzwald weiter nach Norden reicht als die nördlichen Vogesen und daher die Westwinde ihn durch die Zaberner Senke ungehindert treffen können. Diese räumliche Anordnung der Temperaturen auf der Vogesenostseite bedingt in ihrem Gegensatz zur Schwarzwaldseite des Oberrheingrabens wohl den unterschiedlichen Süd-Nord-Wandel der wärmeliebenden submediterranen Florenelemente in den unteren Vegetationsstufen.

Mögliche Einflüsse der **E x p o s i t i o n** auf die relativen Anteile der drei übergeordneten Florenelemente an den Arealtypenspektren der unteren Stufen von Schwarzwald und Vogesen sind, wie bereits angedeutet, kaum zu erkennen.

Südexponierte Standorte zeigen sich nicht bevorzugt mit submediterranen Spezies (i.w.S.) bestanden. Die Exposition entscheidet eher darüber, welches der submediterranen Florenelemente dominiert (s.o.), an Südhängen zum Beispiel die eigentlich submediterrane Flora (S), die ja auch wärmeliebender ist als die submediterranen Verbindungselemente (vgl. Abb. 3).

Auf den Silikatvorbergen der Vogesen zeigt sich nach einer Korrelationsanalyse die Beziehung zwischen der Exposition des Standortes und dem relativen Anteil des submediterranen Florenelementes (i.w.S.) deutlich enger. Danach steigt der relative Anteil dieser Flora um jeweils etwa 3 % an, bei einem Expositionswechsel von Nord-West-Ost nach Süd. Westexponierte Hänge zeigten auch in den folgenden Höhenstufen im Mittel höhere Anteile submediterraner Florenelemente als ostexponierte Standorte. Mit zunehmender Höhe wirkt sich ganz im Sinne der relativen Standortkonstanz die Exposition verstärkt auf den Anteil aus, den die submediterranen Florenelemente an den Arealtypenspektren erreichen können, weil vor allem noch südexponierte Hänge ausreichende Wärme garantieren.

In der Höhenstufe zwischen etwa 600 m und 1000 m NN zeigt sich in den Vogesen wie im Schwarzwald von Süden nach Norden eine Abnahme des relativen Anteils der submediterranen Flora (i.w.S.) an den Arealtypenspektren, in den Vogesen um etwa 1,2 % auf 25 km, im Schwarzwald um etwa 1,7 % auf 20 km, d. h. also in etwa gleicher Größenordnung. Danach wäre in dieser Höhenstufe die thermische Sonderstellung der Vogesen gegenüber dem Schwarzwald, die bis zu einer Höhe von 500 m festzustellen war, nicht mehr gegeben. Allerdings liegen auch in diesem Falle die Korrelationskoeffizienten so niedrig, daß man nicht von einer statistisch gesicherten Beziehung zwischen der Nord-Süd-Erstreckung der Gebirge und dem entsprechenden Wandel in der Zusammensetzung der soziologischen Arealtypenspektren ausgehen kann.

In den Hohen Vogesen nimmt mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit (Varianzerklärungsgrad 46 %) oberhalb von etwa 1000 m in der Buchenstufe und dem *Nardetum* nach Norden hin der Anteil des submediterranen Florenelementes im Mittel wieder deutlich zu und zwar um 0,43 % auf 2,5 km, ähnlich wie in der Fußstufe, jedoch im Gegensatz zu den mittleren Höhen. Danach wäre auch in der Höhe kein einfacher Süd-Nordwandel der Temperaturen zu erwarten, zumal die Zunahme nicht entscheidend von dem submediterran-praealpinen Florenelement (P) getragen wird. Eine Untermauerung dieser These kann mangels Klimastationen in diesen Höhen nicht gegeben werden.

Im Schwarzwald erfolgt demgegenüber in der Höhenstufe oberhalb von 1000 m ein Rückgang des relativen Anteils der submediterranen Florenelemente an den soziologischen Arealtypenspektren um etwa 2 % auf 20 km. Diese Beziehung ist mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % gesichert. Sie entspricht auch in dieser Höhe einer allgemein Süd-Nord gerichteten Temperaturabnahme im Bereich des Schwarzwaldes.

In den Vogesen spielen oberhalb von 1000 m ganz im Sinne der relativen Standortkonstanz H. WALTERS die *Expositionen* unter s c h i e d e für die Mächtigkeit des submediterranen Florenelementes i.w.S. eine entscheidendere Rolle. Im Mittel nimmt von Norden nach Westen, Osten und Süden der Anteil dieser Florenelemente submediterraner Provenienz um etwa 3 % pro 90° zu. Bei allen regressions- und korrelationsstatistischen Analysen zeigten sich floristische Unterschiede zwischen Schwarzwald und Vogesen. Hervorzuheben ist, daß der entscheidende Florenwandel im Raum sich von unten nach oben vollzieht. Die

Süd-Nord-Differenzen der Flora scheinen in den Vogesen weniger ausgeprägt als im Schwarzwald, wo ja bereits nach den Vegetationseinheiten deutlich zwischen einem Nord- und einem Südschwarzwald unterschieden wird. Der Süd-Nord Florenwandel erwies zudem in den Vogesen vor allem in der Fußstufe und den Gipfelbereichen entgegen den Erwartungen eine Süd-Nord-Zunahme des relativen Anteils der submediterranen Florenelemente an den Arealtypenspektren.

4.2 Die floristische Analyse der einzelnen Vegetationsstufen

Im folgenden soll jede der Hauptvegetationsstufen von Schwarzwald und Vogesen, soweit möglich, florenstatistisch im Sinne der Arealkunde analysiert und statistisch vergleichend miteinander in Beziehung gesetzt werden. Es soll so auch die Frage gestellt sein, ob der jeweilige Artenbestand vergleichbarer Pflanzengesellschaften von Schwarzwald und Vogesen statistisch signifikant voneinander abweicht oder ob die entsprechenden Vegetationsassoziationen der beiden Gebirgsstöcke pflanzensoziologisch gleichzusetzen sind. Diese statistische Prüfung geschieht jeweils mit Hilfe des χ^2 -Testes in Form der Vierer-Feld-Tafel, so daß die Sicherungsgrenzwerte für 95 % Sicherungswahrscheinlichkeit bei 3,84 und für 99 % bei $\chi^2=6,64$ liegen (vgl. FLIRI, 1969, S. 59). Neben einer Gesamtanalyse der Pflanzenbestände, die für die Hauptvegetationsstufen typisch sind, werden auch jeweils Baum- und Strauchschicht getrennt vergleichend analysiert.

Der Vergleich der Vegetationsstufen (vgl. Kap. 2.1) wird in erster Linie über soziologische Arealtypenspektren vorgenommen, wobei für jede Vegetationsstufe von Schwarzwald und Vogesen über alle analysierten Einzelstandorte hinweg unter Berücksichtigung der Artmächtigkeit mittlere Arealtypenspektren errechnet (gewichtete Mittelwerte) und dargestellt worden sind. Jedes Arealtypenspektrum integriert dabei drei Darstellungen: ein Arealtypenspektrum aller einbezogenen Arten (schraffierte Säulen in Abb. 6-10), ein Arealtypenspektrum der Baum- und Strauchschicht (aufrechte Säulen in Abb. 6-10) und ein Arealtypenspektrum der Feldschicht, Kräuter und auch Moose etc. integrierend (abwärtige Säulen in Abb. 6-10). Es hat sich nämlich herausgestellt, daß die floristische Zusammensetzung der Baum- und Strauchschicht mitunter erheblich von derjenigen der Feldschicht abweicht. So stellen zum Beispiel in der Kalkvorhügelzone der Vogesen die Bäume und Sträucher nahezu alle submediterranen (i.e.S.) Spezies (S), die Feldschicht nahezu alle submediterran-eurasiatischen Pflanzen (SE). Diese Divergenz ist in dem Arealtypenspektrum aller vertretenen Arten ohne Berücksichtigung der Vegetationsschichtung bzw. der Lebensformen natürlich nicht zu erkennen.

Wenn im folgenden von Florenelementen geschrieben steht, so sind bei dieser Analyse stets Florenelemente i. e. S. gemeint.

4.21 Die Eichenstufen (Abb. 6 und 7)

Die Artenzusammensetzung der *Quercus pubescens*-Assoziation (ISSLER) der Vogesen und des *Querceto-Lithospermetum* (BRAUN-BLANQUET), d. h. der Flaumeichenbuschwäldchen (v. ROCHOW) des Kaiserstuhls sowie des *Buxo-Quercetum* (OBERDORFER), also einer Buxbaum-Eichengesellschaft, bei Grenzach in Südbaden, soll zunächst vergleichend analysiert werden. Der Kaiserstuhl und das südbadische Muschelkalk-Hügelland sollen dabei eine Eichen-Vorhügelzone des Schwarzwaldes repräsentieren. Im übrigen existieren nämlich in den Vorbergen des Schwarzwaldes nur noch Fragmente eines "warmen Eichenwaldes" (BARTSCH, 1940), des *Quercion pubescentis-sessiliflorae* und zwar an felsigen Standorten des Südschwarzwaldes. Von der Baum- und Strauchschicht des *Quercus-Lithospermetum* des Kaiserstuhls

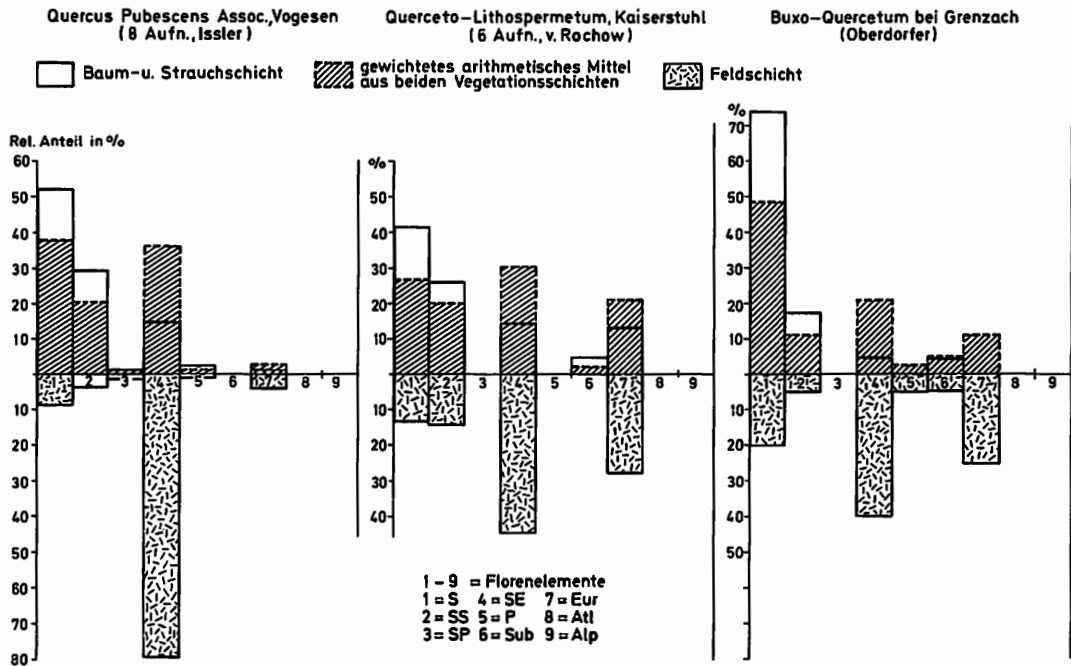


Abb. 6: Arealtypenspektren der unteren Eichenstufe von Schwarzwald und Vogesen

(v. ROCHOW) sind 14 Arten auch in der *Quercus pubescens*-Assoziation der Vogesen vertreten, 10 nicht; davon könnten 50 % als eurasiatisch und 20 % als submediterranean-subatlantisch gelten.

Umgekehrt sind 18 der Baum- und Straucharten der *Quercus pubescens*-Assoziation der Vogesen (ISSLER, 1942) nicht am Kaiserstuhl vorhanden, vor allem submediterranean-subatlantische Spezies (SS) und submediterranean Arten (S) (60 %). Die Kaiserstuhlvorstufe des Schwarzwaldes zeigt sich bereits in ihrer Baum- und Strauchschicht deutlicher von Florenelementen östlicher Provenienz bestanden als die Kalkvorhügel der Vogesen. Nach einem χ^2 -Test besteht überdies kein ausreichend gesicherter Zusammenhang zwischen den Baum- und Strauchschichten des *Querceto-Lithospermetum* des Kaiserstuhls und der *Quercus pubescens*-Assoziation der Vogesen ($\chi^2=0,0243$). Die Feldschicht beider Vegetationseinheiten zeigt noch größere Differenzen an, nur neun Arten sind gemeinsam, 28 Spezies des Kaiserstuhls kommen nicht auf den Kalkvorhügeln der Vogesen vor, in der Mehrzahl wiederum östliche Elemente und zwar zu 35,29 % submediterranean-eurasiatische Arten (SE) und zu 25 % eurasiatische Spezies (Eur). In den Vogesen sind 18 Pflanzenarten der Feldschicht festzuhalten, die nicht am Kaiserstuhl im *Querceto-Lithospermetum* vertreten sind, in der Mehrzahl auch submediterranean-eurasiatische Spezies (SE), dazu auffallend das praealpine Element (P). Die Feldschicht der Vogesen zeigt sich insgesamt deutlicher durch das submediterranean-eurasiatische Florenelement (SE) geprägt als die des Kaiserstuhls (vgl. Abb. 6), aber im Gegensatz dazu kaum durch das eurasiatische Florenelement (Eur). Ein χ^2 -Test gestattet hier sogar die Aussage, daß die Feldschichten beider analysierter Vegetationsassoziationen mit einer Wahrscheinlichkeit von über 99,9 % signifikant voneinander verschieden sind. Demnach handelt es sich bei dem *Querceto-Lithospermetum* des Kaiserstuhls auch insgesamt um eine andere Vegetationsassoziation als es die *Quercus pubescens*-Gesellschaft der Vogesen darstellt, obwohl in beiden Pflanzengesellschaften die Flaumeiche (*Quercus pubescens*) soziologisch und physiognomisch dominiert. Das Arealtypen-

spektrum der Abb. 6 vermag die aufgezeigten floristischen Divergenzen zu verdeutlichen. Im Gesamtspektrum (schraffierte Säulen) fällt vor allem der bereits erwähnte höhere Anteil eurasiatischer Arten (Eur) am Kaiserstuhl und der dort im Vergleich zu der Kalkvorhügelzone der Vogesen etwas geringere Anteil submediterraner Spezies (S) auf. In beiden Fällen werden übereinstimmend die jeweils hohen relativen Anteile des in den Vogesen dominierenden submediterranen Florenelementes (S) und die der submediterran-subatlantischen Flora (SS) überwiegend von der Baum- und Strauchschicht gestellt (aufwärtige Säulen), wohingegen die hohen Anteile des submediterran-eurasiatischen Florenelementes (SE), das am Kaiserstuhl insgesamt knapp dominiert, übereinstimmend primär von der Feldschicht getragen werden. Dies gilt am Kaiserstuhl auch für das dort stark vertretene eurasiatische Florenelement (Eur). Die Baumschicht ist also in beiden Vegetationseinheiten jeweils südlicher und südwestlicher Provenienz, die Feldschicht ost-südöstlicher Herkunft, wohingegen das eigentliche zonale Element, die subatlantisch-mitteuropäische Flora (Sub) kaum vertreten ist. Es wäre an sich eher eine umgekehrte Relation zu erwarten gewesen, da das Klimamillieu des Unterwuchses stets ausgeglichener, also maritimer erscheint als das der höheren Schichten der Vegetationsdecke. Danach müßte dort gerade das submediterran-subatlantische Florenelement (SS) und nicht das "kontinentalere" submediterran-eurasiatische Florenelement (SE) prägend vertreten sein. Die Ursache der gegebenen Stratifikation könnte im Sinne von ELLENBERG (1963) in der vergleichsweise größeren Frostresistenz östlich-submediterranen Elemente liegen. Zunächst und in besonderer Stärke tritt nämlich der Bodenfrost auf, der vornehmlich die Feldschicht tangiert. Daher ist sie vor allem submediterran-eurasiatisch (SE) geprägt, während sich die besonders frostempfindlichen Arten des submediterranen Florenelementes (S) nahezu ausnahmslos auf die Baum- und Strauchschicht beschränken. Ihre empfindlichen Erneuerungsknospen liegen deutlich über der bodenfrostgefährdeten Höhe. Für diese Hypothese spricht auch die stärkere Vertretung eurasiatischer Elemente (Eur) in der Feldschicht des Kaiserstuhls gegenüber derjenigen der Vogesenvorhügelzone. Der Kaiserstuhl weist ein etwas kühleres und auch frostgefährdeteres Klima auf als die 'warmen Kalke' der Vogesenostseite.

Die vergleichende floristische Analyse des *Buxo-Quercetum* (OBERDORFER) von Grenzach in Südbaden mit der *Quercus pubescens*-Assoziation (ISSLER) der Vogesen weist nach den χ^2 -Tests auch keine signifikant zu sichernde Beziehung zwischen den beiden Pflanzengesellschaften auf. Acht Bäume und Sträucher des *Buxo-Quercetum* von Grenzach sind ebenfalls in den Vogesen vertreten, fünf nicht; umgekehrt kommen 25 Baum- und Straucharten der Vogesenkalkhügel nicht im südbadischen Hügelland vor. Die Baum- und Strauchschicht der Kalkvorhügel der Vogesen ist also wesentlich artenreicher ausgestattet als die bei Grenzach, wo Muschelkalk ansteht. Dies gilt auch für die Feldschicht, wo nur fünf gemeinsame Spezies auftreten und 13 des südbadischen Hügellandes nicht in den Vogesen vorkommen, in erster Linie eurasiatische Arten (Eur) und submediterran-eurasiatische Spezies (zus. etwa 60 %); dagegen erscheinen 27 Pflanzenarten des Flaumeichenwaldes der Vogesenvorhügel nicht im *Buxo-Quercetum* des südbadischen Hügellandes, in erster Linie auch submediterran-eurasiatische Spezies, dazu jedoch ähnliche wie gegenüber dem *Querceto-Lithospermetum* einige praealpine Arten (P). Das Arealtypenspektrum des *Buxo-Quercetum* (Abb. 6) zeigt in seinem Gesamtbild, wie auch die beiden Arealtypenspektren der Vogesenkalkvorhügel und des Kaiserstuhles untereinander, vergleichsweise wesentlich ähnlichere floristische Verhältnisse mit den übrigen Spektren als die extrem unterschiedlichen

Ausstattungen mit Pflanzenarten vermuten lassen. Den ersten und zweiten Rang in dem Spektrum nehmen wie in den *Quercus pubescens*-Assoziationen das submediterrane (S) und das submediterranean-urasiatische Florenelement (SE) ein. Allerdings erreicht das submediterrane Florenelement (S) im südbadischen Hügelland bei Grenzach wesentlich höhere Anteile als an den Vogesen oder gar am Kaiserstuhl. Es wird auch im südbadischen Hügelland wie in der *Quercus pubescens*-Gesellschaft oder dem *Querceto-Lithospermetum* weitgehend von der Baum- und Strauchschicht getragen. Im Gegensatz zu den Vogesen ist im *Buxo-Quercetum* wie am Kaiserstuhl das eurasiatische Florenelement prägnanter vertreten und zwar ausschließlich durch die Feldschicht; dagegen zeigt sich die submediterranean-urasiatische Flora (SE) schwächer repräsentiert als am Kaiserstuhl und vor allem in den Vogesen. Allerdings wird sie auch bei Grenzach weitgehend von der Feldschicht gestellt.

Insgesamt bestätigen die floristischen Verhältnisse des *Buxo-Quercetum* die vorher getroffenen Aussagen und Interpretationen der beiden anderen Arealtypenspektren der Abb. 6. Das *Buxo-Quercetum* löst nach OBERDORFER (1957) in Südwesteuropa das *Querceto-Lithospermetum* ab; das Vorkommen bei Grenzach sei also ein rechtsrheinischer Vorposten dieser Gesellschaft, die bereits Anklänge mediterraner Flora deutlich werden läßt. Ohne das Alpenorogen würde wahrscheinlich ab dem südlichen Oberrheingraben eine submediterrane Florenprovinz zur floristischen Mediterranais überleiten. Dabei würde wohl das *Buxo-Quercetum* hervortreten. Es stellt sich nämlich insgesamt weit mediterraner dar als die *Quercus pubescens*-Assoziation der Vogesen oder das *Querceto-Lithospermetum* des Kaiserstuhls. Nach HUBER (1959/60) hatte LAUTERBORN (1934) dort sogar den schneeballblättrigen Ahorn, *Acer opalus*, entdeckt, der sein Areal von den Atlas- und Libanonbergen bis in den Schweizer Jura erstreckt. Im Sinne der relativen Standortkonstanz (WALTER) ist anzumerken, daß das *Buxo-Quercetum* bei Grenzach auf südexponierten Rücken stockt und die frostgefährdeten Mulden etwa der Tanne als Standort überläßt. Auffallend ist nach HUBER (1959/60) in den submediterranen Hügelswäldern des Hochrhein auch ihr Orchideenreichtum sowie die üppige Entfaltung der Lianen.

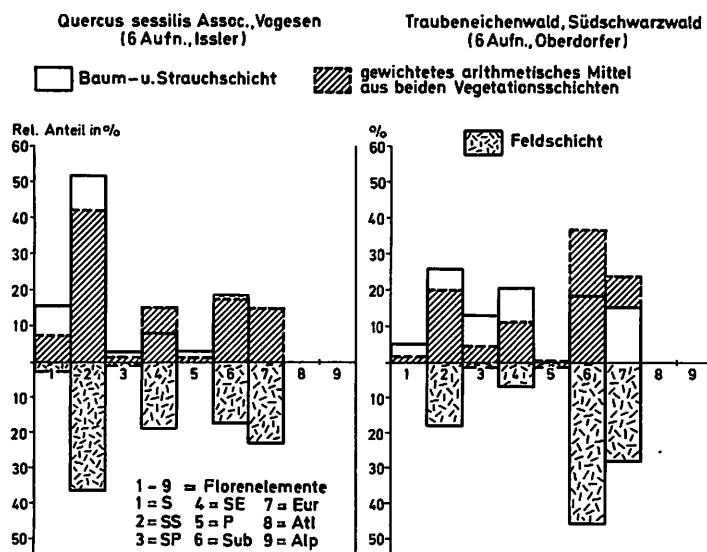


Abb. 7: Arealtypenspektren der oberen Eichenstufe von Schwarzwald und Vogesen

Die *Quercus sessilis*-Formation (ISSLER), d. h. der Traubeneichenniederwald der Silikatvorberge der Vogesen, ist in ihrer geographischen Verbreitung etwa mit dem Traubeneichenwald (OBERDORFER) des Schwarzwaldes zu vergleichen. Hier könnte man auch den Traubeneichen-Birkenwald (BARTSCH) des Schwarzwaldes anführen, der in den Tälern von Kinzig, Rench und Acher größere Areale einnimmt (BARTSCH, 1940). Jedoch ist dieser Waldtyp anthropogen stark überformt, bezog sich doch auf ihn die sogenannte Reutbergwirtschaft, also ein Wechsel von Niederwaldnutzung und Feldbau. Es handelt sich bei diesem Niederwald nach BARTSCH (1940) dazu wohl kaum um die Reste einer ehemaligen Eichenklimax.

Die *Quercus sessilis*-Assoziation der Vogesen und der Traubeneichenniederwald des Südschwarzwaldes stocken beide auf Silikatgestein. Die Baum- und Strauchschicht des Südschwarzwaldes weist zehn gemeinsame Arten mit den Vogesen auf, sieben Spezies kommen in den Vogesen nicht vor, 19 Arten der Baum- und Strauchschicht der *Quercus sessilis*-Assoziation der Vogesen dagegen nicht im Schwarzwald, vor allem submediterrane (S) und submediterran-subatlantische Arten (SS). Die Feldschicht beider Vegetationsassoziationen erweist sich voneinander noch verschiedener als die Baum-/Strauchschicht, 17 Spezies sind gemeinsam, 18 Arten des Traubeneichenwaldes des Südschwarzwaldes sind nicht in den Vogesen vertreten, vor allem eurasiatische und subatlantisch-mitteleuropäische Elemente (Sub und Eur); 42 Pflanzenarten der Feldschicht der *Quercus sessilis*-Assoziation der Vogesen erscheinen andererseits nicht im Traubeneichenwald des Schwarzwaldes. Statistisch ergibt sich danach natürlich keine Übereinstimmung in den Artenzusammensetzungen beider Pflanzengesellschaften ($\chi^2=0,82$). Es handelt sich also um zwei verschiedene soziologische Pflanzengruppen, obwohl beide auch physiognomisch von der Traubeneiche beherrscht werden. Ähnliches war für die Flaumeichengesellschaften der tieferen Vorhügel festgestellt worden

Die Arealtypenspektren der Abb. 7 machen insgesamt deutlich, daß in der *Quercus sessilis*-Assoziation der Vogesen der submediterrane floristische Einfluß wesentlich deutlicher ist als im Traubeneichenwald des Südschwarzwaldes, getragen vor allem von dem submediterran-subatlantischen Florenelement (SS), in erster Linie in der Baum- und Strauchschicht, wie es in noch stärkerem Maße auf den Kalkvorhügeln der Vogesen der Fall ist. Erheblich stärker als im Traubeneichenwald der Vogesen sind dagegen im Südschwarzwald das eurasiatische (Eur), vor allem aber das subatlantisch-mitteleuropäische Florenelement (Sub) vertreten, d. h. die eigentlich zonale Flora und zwar primär in der Feldschicht. In der *Quercus sessilis*-Gesellschaft der Vogesen tritt das eurasiatische Florenelement (Eur) sogar ausschließlich in der Feldschicht auf, das subatlantisch-mitteleuropäische (Sub) ist jedoch etwa gleichstark in der Feld- bzw. Baum-/Strauchschicht vertreten. Das submediterran-eurasiatische Florenelement (SE) wird in den Silikatvorbergen der Vogesen vor allem von der Feldschicht gestellt, im Südschwarzwald dagegen in erster Linie von der Baumschicht. Womöglich deutet auch dies auf eine stärkere Frostgefährdung des Südschwarzwaldes hin, denn dort wird die Feldschicht überwiegend von eurasiatischen (Eur) und subatlantisch-mitteleuropäischen Arten (Sub) ausgebildet, wohingegen das empfindlichere submediterran-eurasiatische Florenelement (SE), das noch in der Fußstufe die Feldschicht prägte, allmählich in die Höhe ausweicht, was auch in der folgenden Buchen-Tannen-Gesellschaft zu registrieren ist, während es an der Ostabdachung der Vogesen innerhalb des Traubeneichenwaldes wie im Flaumeichenwald der Kalkvorhügel vorwiegend noch in der Feldschicht gedeihen kann.

Festzuhalten bleibt in diesem Sinne bei einem Vergleich der Traubeneichen-Gesellschaften von Schwarzwald und Vogesen vor allem die deutlichere submediterrane floristische Ausprägung der Arealtypenspektren der Silikatvorberge in den Vogesen. Der Vogesenföhn schafft wohl auch noch in dieser Höhenstufe von 400-600 m eine thermische Begünstigung der Vogesenabdachung gegenüber der gleichen Höhenlage im Südschwarzwald, wo sich die Flora wesentlich zonal subatlantisch-mitteleuropäischer darstellt. Die Wirkung des Vogesenföhns nimmt jedoch mit zunehmender Höhenlage der Pflanzenstandorte ab.

4.22 Die Buchen-Tannenstufe (Abb. 8)

Der Buchen-Tannenwald beider vergleichend analysierter Gebirgsstöcke ist in seinem Phänotypus etwa identisch. Daher soll das *Fageto-Abietum* (ISSLER) der Vogesen floristisch verglichen werden mit dem waldschwingelreichen Tannen-Buchenwald (BARTSCH) des Süd- und Nordschwarzwaldes, mit dem Hainsimsen-Tannen-Buchenwald (BARTSCH) des höheren Schwarzwaldes sowie mit dem Waldmeister-Buchenwald mit Tanne (HARTMANN/JAHN) des nördlichen und des mittleren Schwarzwaldes.

Der waldschwingelreiche Tannen-Buchenwald (*Abieto-Fagetum festucetosum*) ist nach BARTSCH (1940) die Klimaxgesellschaft der mittleren Gebirgsstufen des Schwarzwaldes. Er erreicht seine optimale Ausprägung zwischen 600 und 800 m. Er ist also primär dem *Fageto-Abietum* der Vogesen gegenüberzustellen. Der Hainsimsen-Tannen-Buchenwald besiedelt die trockeneren und flachgründigeren Böden (BARTSCH, 1940). Er stockt im Mittel auch höher als die waldschwingelreiche Variante und ist deutlich artenärmer. Der submontane Waldmeister-Buchenwald mit Tanne beschränkt sich im wesentlichen auf den nördlicheren Schwarzwald, wo er Standorte zwischen etwa 250 und 800 m findet.

Die Baum- und Strauchschicht des *Fageto-Abietum* der Vogesen hat acht Pflanzenarten mit dem waldschwingelreichen Tannen-Buchenwald des Schwarzwaldes gemeinsam, neun Arten nicht, davon sind 56 % submediterrane Spezies (i.w.S.). Nur drei Arten des Schwarzwaldes sind nicht in den Vogesen vertreten. Der resultierende χ^2 -Wert von 1,1 liegt zwar höher als alle bisher ermittelten, gestattet jedoch nicht die Annahme einer weitgehenden Identität der Baum- und Strauchschichten beider Pflanzengesellschaften. Dies liegt vor allem an dem größeren Artenreichtum des Buchen-Tannenwaldes der Vogesen. Man könnte nämlich auch für die Feldschicht davon ausgehen, daß der Schwarzwald im Vergleich zu den Vogesen einen verarmten Buchen-Tannenwald trägt. In der Feldschicht erscheinen 26 Arten des Schwarzwaldes auch in den Vogesen, nur acht Arten nicht, meist subatlantisch-mitteleuropäische Spezies (Sub). Den Vogesen sind dagegen 34 Arten eigentümlich, darunter auffallend viele praealpine Elemente (P). Der resultierende χ^2 -Wert von 3,8 gestattet mit einer Sicherungswahrscheinlichkeit von etwa 95 % die Aussage der pflanzensoziologisch engen Verwandtschaft beider Feldschichten. Insgesamt müssen jedoch das *Fageto-Abietum* der Vogesen und der waldschwingelreiche Tannen-Buchenwald des Schwarzwaldes als nicht verwandte Pflanzengesellschaften gelten, obwohl die Buche (*Fagus sylvatica*) und die Tanne (*Abies alba*) jeweils die Physiognomie dieser Vegetationsstufen in beiden Gebirgen prägen. Dem Schwarzwald fehlen jedoch entscheidend submediterrane Baum- und Strauchelemente.

Der Waldmeister-Buchenwald mit Tanne des nördlichen Schwarzwaldes zeigt sich dem Buchen-Tannenwald der Vogesen floristisch und soziologisch weiter entfernt als der waldschwingelreiche Buchen-Tannenwald. In der Baum- und Strauchschicht

gibt es sieben gemeinsame Arten, vier sind dem nördlichen Schwarzwald eigentümlich, neun den Vogesen, darunter primär submediterran-subatlantische Arten (SS) ($\chi^2=0,15$). Die Feldschichten weisen jeweils 21 gemeinsame Arten auf, acht Arten kommen ausschließlich im Schwarzwald vor, davon sind 50 % subatlantisch-mitteuropäische (Sub) und 37,5 % eurasiatische (Eur) Spezies. Die Vogesen können sogar 38 Arten aufweisen, die nicht im nördlichen Schwarzwald vertreten sind, darunter auffallend viele submediterran-subatlantische Elemente (SS) (Feldschicht: $\chi^2=0,63$). Die Artausstattungsunterschiede zwischen Waldmeister- und *Fageto-Abietum* erscheinen damit von der floristischen Seite her ähnlich wie zwischen dem waldschwingelreichen Tannen-Buchenwald und dem *Fageto-Abietum* der Vogesen.

Der Hainsimsen-Tannen-Buchenwald des Schwarzwaldes nähert sich pflanzensoziologisch bereits dem subalpinen Buchenwald der Hochvogesen, denn von seinen Trennarten zur waldschwingelreichen Variante des Schwarzwaldes sind 62,5 % auch in dem Buchenwald der Hochvogesen vertreten, der ja ebenfalls auf flachgründigeren Böden stockt als der echte, waldschwingelreiche Tannen-Buchenwald.

Die Arealtypenspektren der Abb. 8 sollen den Vergleich des Buchen-Tannenwaldes (ISSLER) der Vogesen mit dem waldschwingelreichen Tannen-Buchenwald (BARTSCH) des Schwarzwaldes sowie dem dortigen Hainsimsen-Tannen-Buchenwald (BARTSCH) auch optisch verdeutlichen. Bei einem Vergleich der Gesamtspektren (schraffierte Säulen) fällt auf, daß die submediterranen Florenelemente in den Vogesen auch in dieser Höhenstufe zwischen etwa 600 und 1000 m noch etwas stärker vertreten sind als im Schwarzwald und zwar - wie in den unteren Höhenstufen - vor allem in der Baum- und Strauchschicht, während im Schwarzwald das submediterran-subatlantische Florenelement (SS) verstärkt in der Feldschicht vorhanden ist. Dies steht im Gegensatz zu der bisher bestätigten Auffassung einer besonderen Frostgefährdung der Feldschicht, weshalb die wärmeliebende Flora

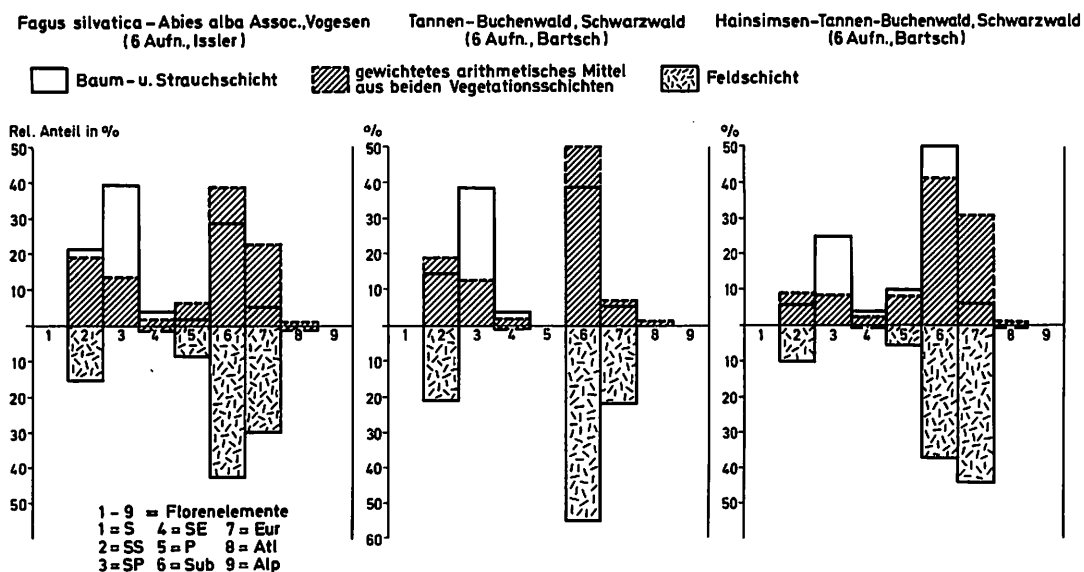


Abb. 8: Arealtypenspektren der Buchen-Tannen-Stufe von Schwarzwald und Vogesen

primär in der Baum- und Strauchschicht vertreten sein sollte. Möglicherweise reichen aber nun im höheren Schwarzwald in Gegensatz zu den offenbar noch geringfügig, aber entscheidend wärmeren Vogesen die Wärmesummen nicht mehr zur ausreichenden Stoffproduktion vieler submediterraner Phanerophyten aus, so daß die submediterranen Elemente der Feldschicht, obwohl absolut schwächer repräsentiert als in den Vogesen und in den tieferen Vegetationsstufen, nun relativ hervortreten. Eigenartigerweise ist hier auch das eurasiatische Florenelement (Eur) im *Fageto-Abietum* der Vogesen relativ stärker vertreten als im waldschwingelreichen Tannen-Buchenwald des Schwarzwaldes, wohingegen in den unteren Höhenstufen in der Regel das Gegenteil zu registrieren war. Da dies auch für die folgende Buchenwaldstufe gilt, kann man annehmen, daß in dieser Höhe die Vogesen klimatisch kontinentaler geprägt sind als der Schwarzwald, weil auch in dieser Höhe noch Lee-Effekte zu registrieren sind, der Südschwarzwald aber aus dem, wenn auch schwach ausgebildeten, Regenschatten der Vogesen mit zunehmender Höhe verstärkt hervortritt, sein Klima also subatlantischer wird. Daher könnte auch erklärt werden, wieso im Tannen-Buchenwald des Schwarzwaldes das subatlantisch-mitteuropäische Florenelement soviel stärker dominiert als in den vergleichbaren Höhenstufen der Vogesen.

Der Hainsimsen-Tannen-Buchenwald des Schwarzwaldes, der ja auf trockenen Böden stockt, zeigt entsprechend diesen edaphisch kontinentaleren Bedingungen eine besonders deutlich ausgeprägte Repräsentanz des eurasiatischen Florenelementes (Eur), das dort in der Feldschicht sogar dominiert, während in den beiden anderen Buchen-/Tannenwaldtypen das subatlantisch-mitteuropäische Element (Sub) die Feldschicht beherrscht, wie ja auch alle Gesamtspektren (schraffierte Säulen) dieser drei Assoziationen. Der Hainsimsen-Tannen-Buchenwald zeigt wohl auch infolge der größeren Höhe, in der er stockt, einen sehr geringen Anteil submediterraner Florenelemente. Mit den zurückgehenden Temperaturen tritt dafür die praealpine Flora (P) stärker hervor, die zwar auch in den Vogesen, nicht aber im waldschwingelreichen Tannen-Buchenwald des Schwarzwaldes vertreten scheint (vgl. jeweils Abb. 8).

4.23 Die subalpine Waldstufe (Abb. 9)

In der obersten Waldstufe beider Gebirge bietet sich ein floristischer Vergleich des subalpinen Buchen-Bergahorn-Fichten-Mischwaldes (*Acereto-Fagetum*) (BARTSCH) des Hochschwarzwaldes (hoher Südschwarzwald) mit dem Buchenwald (ISSLER) der Hochvogesen an. Dazu wird vergleichend der moosreiche Fichtenwald (*Mastigobryeto-Piceetum* - n. BARTSCH) gestellt, der seine optimale Entwicklung auf armen Buntsandsteinböden findet und daher hauptsächlich im nördlichen Schwarzwald verbreitet ist. Berücksichtigt wird auch die *Picea excelsa-Luzula nemorosa*-Assoziation der besseren Böden des mittleren Hauptbuntsandstein und auch des Granit, die in Nord- und Südschwarzwald in Höhen zwischen etwa 800 und 1200 m anzutreffen ist, also noch in den Bereich der Tannen-Buchenwälder hineinragt. Rein physiognomisch stehen sich zunächst der subalpine Buchen-Bergahorn-Fichten-Mischwald des Schwarzwaldes und der Buchenwald der Hochvogesen am nächsten.

Der subalpine Buchen-Bergahorn-Fichten-Mischwald des Schwarzwaldes zeigt sich in seiner Baum- bzw. Strauchschicht nahezu identisch mit dem Buchenwald der Hochvogesen ($\chi^2=10,83$). Im Mittel sind nur etwa 16 % des Baum- und Strauchbestandes beider Assoziationen nicht übereinstimmend in den entsprechenden Höhenstufen beider Gebirgsstöcke vertreten. Die Feldschicht erweist sich dagegen als heterogener, 20 Arten sind gemeinsam, 25 Spezies des Schwarzwaldes kommen nicht in den Vogesen vor, davon 48 % subatlantisch-mitteuropäische Arten (Sub). Die Feldschicht des Buchenwaldes der Hochvogesen weist demgegenüber nur 18 eigentümli-

che Arten auf, über 30 % davon sind dem praealpinen Florenelement (P) zuzuordnen, obwohl es im Schwarzwald relativ stärker vertreten ist. In dieser Waldstufe sind die Vogesen artenärmer als der Schwarzwald, darunter war es stets umgekehrt. Sie haben hier offenbar weitgehend ihre thermische Bevorzugung verloren. Die Feldschichten der Buchenwald-Assoziation von Schwarzwald und Vogesen zeigen sich nach dem χ^2 -Test (0,07) beziehungslos. Der erfaßte Gesamtartenbestand des Buchen-Bergahorn-Fichten-Mischwaldes des Schwarzwaldes und des Buchenwaldes der Hochvogesen zeigt auch im Gesamtbild keine ausreichend gesicherte Übereinstimmung ($\chi^2=1,26$). Es handelt sich daher um nicht identische Pflanzengemeinschaften. Es scheint jedoch eine Tendenz zunehmenden Verwandtschaftsgrades der Pflanzengesellschaften von Schwarzwald und Vogesen mit zunehmender Höhe zu bestehen. Offenbar sind die Klimabedingungen beider Gebirge in der Höhe ähnlicher als etwa in der Fußstufe.

Die Arealtypenspektren der Buchenwald-Assoziationen (Abb. 9) zeigen in ihrem Gesamtbild bei aller soziologischen Verschiedenheit der Artenkombinationen eine große Ähnlichkeit in ihrer floristischen Zusammensetzung (schraffierte Säulen). Wie in der tieferliegenden Vegetationsstufe der Buchen-Tannenwälder ist auch in der Buchenwaldstufe der Vogesen das eurasiatische Florenelement (Eur) stärker vertreten als im Schwarzwald; dies gilt insbesondere für die Baum- und Strauchschicht. Dafür scheinen das praealpine Geoelement (P) und vor allem die alpinen Arten und Individuen (Alp) in dem Buchen-Bergahorn-Fichten-Mischwald des Schwarzwaldes stärker repräsentiert als im Buchenwald der Hochvogesen. Dies ist wohl eine Folge der größeren räumlichen Nähe des Schwarzwaldes zu den Alpen, die sich floristisch auch in den nächsthöheren Pflanzenassoziationen der subalpinen Heiden noch stärker ausdrückt.

Der moosreiche Fichtenwald des Schwarzwaldes (BARTSCH) zeigt bis auf *Pinus silvestris* die gleichen Arten der Baum- und Strauchschicht wie der Buchen-Bergahorn-Fichten-Mischwald, jedoch sieben Spezies weniger. Die *Picea excelsa*-*Luzula nemorosa*-Assoziation (BARTSCH) des Schwarzwaldes erweist sich in ihrer

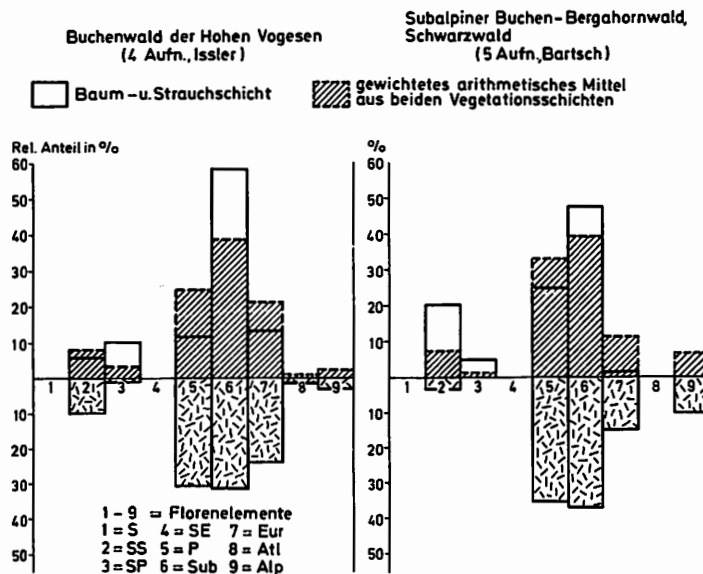


Abb. 9: Arealtypenspektren des subalpinen Buchenwaldes von Schwarzwald und Vogesen

Baum- und Strauchschicht dem Buchen-Bergahorn-Fichten-Mischwald näher verwandt und damit auch dem Buchenwald der Hochvogesen. Alle sieben Baumarten sind gemeinsam, der Buchen-Bergahorn-Fichten-Mischwald zeigt lediglich vier weitere Spezies. Die Feldschichten des moosreichen Fichtenwaldes und der *Picea excelsa-Luzula nemorosa*-Assoziation sind hingegen deutlich verschieden von denjenigen der beiden Buchenwaldgesellschaften. Damit stehen die Fichten-Assoziationen des Schwarzwaldes dem *Fagetum* der Vogesen weniger nahe als der Buchen-Bergahorn-Fichten-Mischwald. Diese Differenzierungen scheinen in erster Linie edaphisch bedingt zu sein, da vor allem der moosreiche Fichtenwald auf ärmeren Böden stockt.

4.24 Die subalpine Heidestufe (Abb. 10)

Die höchste Vegetationsstufe beider Gebirge wird weitgehend von der *Nardus stricta*-Assoziation (BARTSCH und ISSLER) bestanden. Diese Borstgrasheiden sind wohl in ihrer Artenzusammensetzung stark durch die Beweidung geprägt. Die *Nardus stricta-Leontodon pyrenaicus*-Assoziation des Schwarzwaldes bildet vor allem in seinem Südteil an Herzogshorn, Feldberg, Stübenwasen und Belchen (vgl. BARTSCH, 1940) subalpine Grasmatten aus, zeigt sich jedoch auch etwa an Kniebis und Hornisgrinde im Nordschwarzwald. Sie nimmt dort jedoch nur kleine Areale ein und ist aus Hochmooren hervorgegangen. Die *Nardus stricta-Vaccinium*-Assoziation (ISSLER) beschränkt sich auch in den Vogesen auf die höchsten Berge und Käme, d. h. auf die südlichen, besonders gehobenen Gebirgstelle. Die *Nardeten* von Schwarzwald und Vogesen zeigen sich jedoch trotz ähnlicher geographischer Verbreitung keineswegs verwandt ($\chi^2=0,12$). 21 Arten sind beiden Gesellschaften gemeinsam; die Vogesen weisen dazu 21 auf, die an den Fundorten im Schwarzwald nicht verbreitet sind, darunter vor allem subatlantisch-mittel-

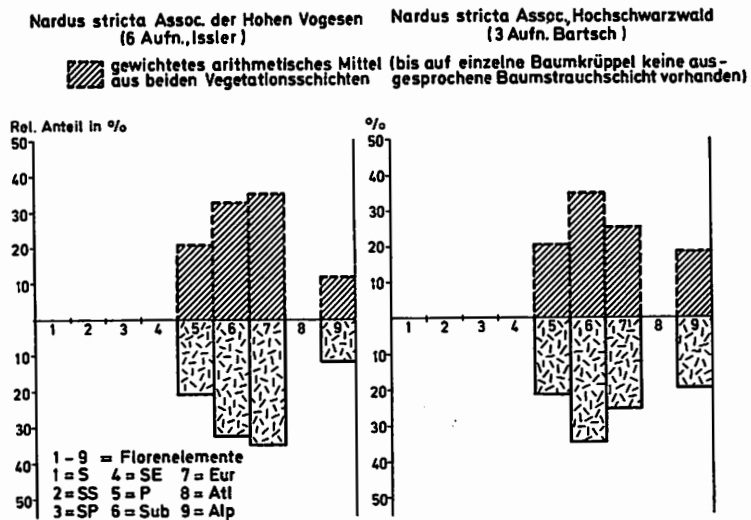


Abb. 10: Arealtypenspektren der subalpinen Borstgras-Heiden von Schwarzwald und Vogesen

europäische Spezies (Sub) (38 %), praealpine Arten (29 %) und alpine Pflanzen (19 %). Das Schwarzwald-*Nardetum* ist artenärmer; es zeigt 18 eigene Arten, darunter 40 % alpine und 45 % praealpine Spezies.

Floristisch weisen die Arealtypenspektren beider *Nardeten* (Abb. 10) größere Unterschiede auf. Wie bereits in den beiden tieferen Vegetationsassoziationstypen zeigt sich auch im *Nardetum* der Vogesen das eurasiatische Element (Eur) wesentlich stärker vertreten als in den Höhen des Schwarzwaldes, wo anstatt dessen deutlich das subatlantisch-mitteleuropäische Florenelement (Sub) vorherrschend ist. Anscheinend ist selbst noch in den Gipfelbereichen eine etwas kontinentalere Variante des Klimas der Vogesen gegenüber dem Schwarzwald zu vermuten. Am prägnantesten fällt bei einem Vergleich beider *Nardeten* die wesentlich stärkere Stellung der alpinen Flora im Hochschwarzwald auf, die sich bereits in der Buchen-Bergahorn-Stufe angedeutet hatte. Als Begründung wurde die größere Nähe des Schwarzwaldes zu den Alpen angeführt.

4.25 Zusammenfassender floristischer Vergleich der Vegetationsstufen

Grundsätzlich verdient festgehalten zu werden, daß die Vegetationsstufen in ihrer Artenkombination pflanzensoziologisch sehr stark divergieren, während sie sich floristisch deutlich näher stehen. Pflanzensoziologisch stimmen lediglich die Feldschicht des Buchen-Tannen-Waldes und die Baumschicht des Buchen-Waldes überein. Im Mittel haben demgegenüber in den einzelnen Vegetationsstufen durchaus ähnliche Dominanzverhältnisse der Florenelemente aufgezeigt werden können. Die *E i c h e n s t u f e* dominiert das submediterrane (S) bzw. das submediterran-eurasiatische Florenelement (SE) auf den jeweiligen Vorhügeln. Der Traubeneichenwald ist jedoch in den Vogesen eindeutig von dem submediterran-subatlantischen Geoelement (SS) beherrscht, im Schwarzwald von der subatlantisch-mitteleuropäischen Flora (Sub). Die Wälder, in denen *B u c h e* und *T a n n e* hervortreten, prägen in allen Fällen das eigentlich zonale, das subatlantisch-mitteleuropäische Florenelement (Sub), ebenso die *B u c h e n w a l d s t u f e*. Die *s u b a l p i n e n H e i d e n* divergieren demgegenüber: eurasiatisch (Eur) dominiert in den Vogesen, subatlantisch-mitteleuropäisch (Sub) im Schwarzwald. Die Vogesen erweisen sich im Mittel reicher ausgestattet mit submediterranen Florenelementen, der Schwarzwald mit subatlantisch-mitteleuropäischer Flora. Es spiegelt sich darin eine thermische Bevorzugung der östlichen Vogesen wider, die auf die Leelage zu den vorherrschenden Westwinden zurückgeführt worden war. Andererseits ist wohl die deutlichere auch subatlantische Prägung der Flora des Westschwarzwaldes durch die weitgehende Luvlage gegenüber diesen Westwinden bedingt, die dort zu niedrigeren Temperaturen und höheren Niederschlägen als in den östlichen Vogesen führen. Das eurasiatische Florenelement (Eur) spielt im Vergleich beider Gebirgsstöcke eine eigenartige Rolle, in den unteren Höhenstufen der Eichenwälder ist es im Schwarzwald wesentlich stärker vertreten als in den Vogesen; darüber, ab der Buchen-Tannenwald-Stufe, ist es umgekehrt. Für die tieferen Stufen war die größere Frostgefährdung der Schwarzwaldseite als Begründung angeführt worden und eine möglicherweise ausgeprägtere Kontinentalität der höheren Vogesen für die oberen Vegetationsstufen, in denen auch in den Vogesen nicht mehr die submediterranen Elemente diesem Kontinentalitätsgrad entsprechen können, weil es im Mittel zu kühl ist.

4.3 Flora und Klima

Im folgenden soll beispielhaft aufgezeigt werden, in welcher Weise und in welcher Größenordnung die Flora einzelner pflanzensoziologisch untersuchter Standorte statistisch in einen ökophysiologisch sinnvollen Zusammenhang mit Klimawerten gebracht werden kann. Im Bereich des Schwarzwaldes ist dazu für 14 Klimastationen zunächst das mittlere Jahresniederschlagsaufkommen mit der floristischen Zusammensetzung der Pflanzenwelt (Florenelemente-Arealtypenspektren) in der Nähe und annähernd gleichen Höhenlage dieser Klimastationen über eine lineare Regressions- und Korrelationsanalyse in Beziehung gesetzt worden. Dazu wurden das submediterrane Florenelement i.w.S. (S+SS+SP+SE), das eurasiatische Florenelement (Eur), das subatlantisch-mitteuropäische Florenelement (Sub) und das praealpine Florenelement (P) unterschieden.

Die engste und statistisch eindeutig gesicherte Beziehung zeigte sich zwischen dem s u b m e d i t e r r a n e n F l o r e n e l e m e n t (i.w.S.) und der Höhe des Niederschlagsaufkommens (vgl. Tab. 2). Das Niederschlagsaufkommen vermag danach 73 % der Varianz der submediterranen Flora (i.w.S.) in den soziologischen Arealtypenspektren zu erklären. Ihr Anteil an diesen Spektren sinkt um etwa 5 % pro 100 mm Niederschlagserhöhung ab.

Tabelle 2: Regressionsgleichungen und Korrelationskoeffizienten (r) der Beziehungen von Flora und Niederschlag im Schwarzwald

<u>Flora</u>	<u>Regression</u>	<u>r</u>	<u>Sicherungswahrsch.</u>
Submed. i.w.S.	$y = -0,0531x + 101,14$	0,874	99,9 %
Euras.	$y = +0,0048x + 13,49$	0,290	unt. 90 %
Subatl-mittel.	$y = +0,0164x + 9,480$	0,493	95,0 %
Praealp.	$y = +0,0209x - 13,01$	0,670	99,0 %

x = Niederschlag; y = Florenelement; (14 Wertepaare)

Die e u r a s i a t i s c h e F l o r a (Eur) erweist sich im Schwarzwald in ihrer Varianz von Standort zu Standort weitgehend unabhängig vom jeweiligen Niederschlagsaufkommen, das nur 8 % an Erklärungsanteil beizutragen vermag.

Etwas wahrscheinlicher ist die Steigerung des relativen Anteils des s u b a t l a n t i s c h - m i t t e l e u r o p ä i s c h e n F l o r e n e l e m e n t e s (Sub) an der Arten-/Individuenzahl der Standorte um ca. 1,6 % pro 100 mm Niederschlagserhöhung von Klimastation zu Klimastation.

Eine wiederum sehr eindeutige Beziehung, wie sie auch zwischen dem Niederschlag und der submediterranen Flora hat festgestellt werden können, zeigt sich zwischen der p r a e a l p i n e n F l o r a (P) und der mittleren Jahressumme des Niederschlags. Der Varianzerklärungsanteil liegt immerhin bei etwa 45 %. Bei einem Niederschlagsplus von 100 mm steigt der relative Anteil der praealpiner Flora (P) an den soziologischen Arealtypenspektren um etwa 2 % an.

Insgesamt zeigt sich so das praealpine Florenelement (P) eindeutig ombrophil, ist doch auch seine geographische Verbreitung auf ausgesprochen regenreiche Klimate an der Nordabdachung der Alpen beschränkt. Die submediterranen Florenelemente erscheinen demgegenüber eher an trockenere Bedingungen angepaßt. Ihr Verbreitungsgebiet weist ja auch durchgehend relativ warmtrockene Sommermonate auf. Die eurasiatische und in geringerem Maße die subatlantisch-mitteuropäische Flora erweisen sich als ombroneutral.

Anhand von 13 Klimastationen und der floristischen Zusammensetzung benachbarter Pflanzenstandorte konnte für den Schwarzwald auch die Beziehung zwischen den Temperaturen (vgl. PAUL, 1977) und den relativen Anteilen ermittelt werden, die das submediterrane Florenelement i.w.S., das eurasiatische Florenelement (Eur), das subatlantisch-mitteleuropäische Florenelement (Sub) und das praealpin/alpine Florenelement (P+Alp) an den soziologischen Arealtypenspektren erreichen (vgl. jeweils Tab. 3). Dazu wurden drei Temperatúrausdrücke herangezogen, einmal die Jahresmitteltemperatur (Mittelt. in Tab. 3), die womöglich ein Ausdruck der zur Verfügung stehenden Temperatursummen sein kann, die mittlere Maximumtemperatur des Jahres (Tmax in Tab. 3), die etwa die photosynthetisch optimalen Temperaturen wiedergeben könnte und als Ausdruck pessimaler thermischer Verhältnisse die mittlere Minimumtemperatur des Jahres (Tmin in Tab. 3).

Tabelle 3: Regressionsgleichungen und Korrelationskoeffizienten (r) der Beziehung von Flora und Temperatur im Schwarzwald

<u>Flora</u>	<u>Temp.</u>	<u>Regression</u>	<u>r</u>	<u>Sicherungswahrsch.</u>
Submed. i.w.S.	Mittelt.	$y=+7,903x-28,72$	0,616	über 95,00 %
Submed. i.w.S.	Tmin	$y=+8,318x-2,46$	0,57	95,00 %
Submed. i.w.S.	Tmax	$y=+7,931x-64,29$	0,794	99,90 %
Euras.	Mittelt.	$y=-1,379x+33,38$	0,290	unt. 90,00 %
Subatl-mitt.	Mittelt.	$y=-0,5826x+36,17$	0,080	unt. 60,00 %
P+Alp	Mittelt.	$y=-5,996x+59,23$	0,57	95,00 %
P+Alp	Tmin	$y=-6,688x+36,47$	0,56	95,00 %
P+Alp	Tmax	$y=-6,856x+95,35$	0,70	über 99,00 %
P (alleine)	Mittelt.	$y=-3,256x+38,18$	0,37	unt. 90,00 %

x = Temperatur; y = Florenelement; (13 Wertepaare)

Die eindeutigsten Beziehungen ergaben sich wie bei der Analyse von Niederschlag und Flora zwischen dem submediterranen Florenelement i.w.S. und den verschiedenen Temperatúrausdrücken. Im Mittel steigt danach der Anteil der submediterranen Flora i.w.S. an den soziologischen Arealtypenspektren um etwa 8 % pro 1°C Temperaturerhöhung. Dabei ergibt sich mit einem Varianzerklärungsgrad von etwa 55 % die engste korrelative Beziehung zu der mittleren Maximumtemperatur des Jahres. Die Jahresmitteltemperatur fällt demgegenüber stärker ab und vermag nur etwa 36 % der Varianz submediterranen Anteile (i.w.S.) an den Arealtypenspektren zu erklären, die mittlere Minimumtemperatur des Jahres gar nur 31 %. Danach scheinen die maximalen Wärmebedingungen, womöglich die Photosyntheseoptima submediterraner Pflanzen, die Wettbewerbsfähigkeit dieser Flora, vor allem wohl über eine intensive Stoffproduktion gegenüber den anderen Florenelementen zu stärken. Womöglich liegen die Temperaturoptima der Photosynthese bei submediterranen Arten höher als etwa bei subatlantisch-mitteleuropäischen Spezies oder auch eurasiatischen Arten. Minimale Temperaturen, die eine gewisse Frost- und Erkältungsgefährdung ausdrücken, scheinen dagegen die submediterrane Flora im Wettbewerb weniger zu benachteiligen. Offenbar sind submediterrane Arten bereits relativ frostresistent und erkältungsunempfindlich. Sie machen zum Teil eine regelrechte Winterruhe durch, anders als viele immergrüne ausgesprochene Mittelerranpflanzen, die kurzfristiger durch osmotische Gefrierpunktdepression Frostschäden vermeiden können (vgl. LARCHER, 1976).

Die eurasiatischen Spezies (Eur) sowie die subatlantisch-mitteleuropäischen Arten (Sub) erweisen sich in ihren relativen Anteilen an den Arealtypenspektren des Schwarzwaldes verhältnismäßig unabhängig von den thermischen Standortbedingungen (vgl. Tab. 3). Dies gilt in besonderem Maße für das subatlantisch-mitteleuropäische Florenelement (Sub), das in seiner Varianz von Standort zu Standort nur zu etwa 6 % von seiten der Temperatur erklärt werden kann. Bei der eurasiatischen Flora (Eur) kann man immerhin noch eine Tendenz der Abnahme um etwa 1,4 % pro 1°C Temperaturerhöhung erkennen, d. h. eine gewisse Bevorzugung kühlerer Standorte entsprechend dem winterkalten Hauptverbreitungsgebiet dieser Spezies.

Der Anteil der praealpinen und alpinen Arten (P+Alp) an den soziologischen Arealtypenspektren des Schwarzwaldes wird zu immerhin 48 % durch die mittlere Maximumtemperatur des Jahres erklärt, die auch für dieses Element, wie für die submediterranen Florenelemente, von seiten der Temperatur den größten Anteil an Varianzerklärung bietet. Dies deutet als Ursache der reicheren Artentfaltung des alpin/praeealpinen Florenelementes niedrige Photosyntheseoptima an (s.u.). Der Varianzerklärungsgrad der Mitteltemperatur und der mittleren Minimumtemperatur des Jahres in Beziehung zu der alpin/praeealpinen Flora liegt mit jeweils 32 % in der gleichen Größenordnung. Eine größere Frostresistenz dieser Spezies scheint danach weniger relevant für die relativen Anteile, die sie an den soziologischen Arealtypenspektren erzielen können.

In den Vogesen konnte zum Vergleich die Beziehung zwischen thermischem Klima und floristischer Zusammensetzung der analysierten Pflanzenstandorte nur an sieben Klimastationen errechnet werden. Danach ergab sich eine Steigerung des relativen Anteils der submediterranen Arten (i.w.S.) an den soziologischen Arealtypenspektren um 15 % pro 1°C Temperaturerhöhung von Klimastation zu Klimastation. Dieser höhere Gradient drückt, verglichen mit dem Schwarzwald, das etwas höhere Niveau aus, von dem der relative Anteil dieser wärmeliebenden Flora zurückgeht, aber auch den steileren Temperaturgradienten auf der Ostseite der Vogesen gegenüber der Westseite des Schwarzwaldes. Die mittlere Maximumtemperatur des Jahres erklärt auch hier mit 72 % den höchsten Varianzanteil der submediterranen Flora, jedoch dicht gefolgt von der Jahresmitteltemperatur mit 71 %, während die mittlere Minimumtemperatur des Jahres ganze 16 % an Erklärung der Varianz der submediterranen Florenelemente beizutragen vermag.

Der floristische Abnahmegradien der praealpinen und alpinen Flora beläuft sich in den Vogesen in Beziehung zu dem thermischen Klima auf -3,17 % pro 1°C Temperatursteigerung, liegt also um etwa 50 % unter dem vergleichbaren Gradienten des Schwarzwaldes, obwohl dort in der Höhe ähnliche Temperaturen festzustellen sind wie in den Vogesen. Auch hier kann nur die nähere Lage des Schwarzwaldes zu den Alpen als Erklärungsursache seiner üppigeren Ausstattung mit alpinen+praeealpinen Pflanzen angeführt werden. Die Jahresmitteltemperatur vermag in den Vogesen mit etwa 84 % einen wesentlich bedeutenderen Anteil an der Varianz der praealpinen/alpinen Elemente zu erklären als im Schwarzwald, d. h. in den Vogesen sind die relativen Anteile dieser wohl kälteadaptierten Flora temperaturabhängiger als im Schwarzwald. Die praealpine und vor allem die alpine Flora sind auf niedrigere Photosyntheseoptima eingestellt als alle anderen Florenelemente. Sie weisen daher auch bei geringen Temperaturen eine relativ höhere Stoffproduktion auf und sind daher in der Höhe anderen Florenelementen im Wettbewerb überlegen.

Die submediterrane Flora (i.w.S.) des Schwarzwaldes und der Vogesen wird von der klimatischen Seite her insgesamt durch warmtrockene Bedingungen im Wettbewerb begünstigt, vor allem gegenüber der subatlantisch-mitteleuropäischen Flora (Sub) und der eurasiatischen Flora (Eur), die beide ebenfalls die untersten Höhenstufen von Schwarzwald und Vogesen beherrschen könnten, wie ja der Nord Schwarzwald, besonders auf armen Böden, ausweist. Die submediterrane Flora kann in einer ökophysiologischen Gesamtkennzeichnung als ein relativ xerothermes Element bezeichnet werden, zumal sie auch edaphisch ausgesprochene Xerothermstandorte, nämlich Kalke, bevorzugt.

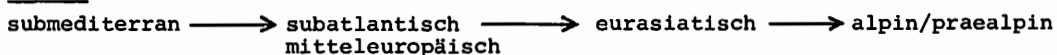
Die submediterrane-mitteleuropäische Flora (Sub), also das zonale Element und die eurasiatische Flora (Eur) zeigen in ihren relativen Anteilen an den Arealtypenspektren im Gegensatz zur submediterranen Flora (i.w.S.) und auch zur praealpinen/alpinen Flora nur eine geringe Abhängigkeit von den Temperaturen. Lediglich zu dem Niederschlagsaufkommen zeigte das subatlantisch-mitteleuropäische Florenelement (Sub) eine etwas engere Beziehung. Man muß annehmen, daß im Prinzip alle Höhenstufen weitgehend von dieser zonalen subatlantisch-mitteleuropäischen Flora eingenommen werden könnten. Sie und auch die eurasiatische Flora (Eur) werden allerdings passiv bei trockenwarmen und kühlfeuchten Bedingungen im Wettbewerb von der submediterranen bzw. der alpinen/praealpinen Flora zurückgedrängt. Das eurasiatische Element scheint jedoch auch bei stärkerer Frostgefährdung in den unteren Höhenstufen bevorzugt. Temperatur und Niederschlag halten sich für seine Spezies in ihrer Bedeutung etwa die Waage, die subatlantisch-mitteleuropäischen Spezies scheinen demgegenüber etwas ombrophiler.

Die praealpine bzw. die alpine Flora zeigten sich ähnlich der submediterranen Pflanzenwelt enger abhängig von den klimatischen Umweltbedingungen. Sie werden durch zurückgehende Temperaturen bei steigenden Jahresniederschlagssummen im Wettbewerb bevorzugt, vor allem gegenüber der eurasiatischen Flora (Eur) und der subatlantisch-mitteleuropäischen Flora (Sub). Auf einer ökophysiologischen Rangskala würde die alpin/praealpine Flora das eigentliche Pendant zur submediterranen Flora stellen. Eine derartige Rangskala der Florenelemente hätte etwa folgendes Aussehen:

Klima
warmtrocken

Klima
kühlfeucht

Flora:



Die Relationen von Klima und Flora zeigten sich qualitativ in Schwarzwald und Vogesen durchaus ähnlich. Unterschiede ergaben sich im wesentlichen in den auf das Klima bezogenen floristischen Gradienten. Dies wird durch die unterschiedlichen Klimaeinflüsse wesentlich mitbestimmt. An der Ostabdachung der Vogesen nimmt die Temperatur mit der Höhe schneller ab als an der Westabdachung des Schwarzwaldes; dem entspricht auch ein insgesamt steilerer Abnahmegradius der submediterranen Florenelemente in ihrer relativen Stellung. Die Westflanke des Schwarzwaldes ist im Mittel feuchter als die Ostseite der Vogesen; dem entspricht vor allem in den oberen Höhenstufen eine reichere Artentfaltung der subatlantisch-mitteleuropäischen, vor allem aber auch der alpin/praealpinen Flora.

Es ist in jedem Falle zum Abschluß dieser Flora-/Klimaanalyse noch einmal deutlich zu machen, daß das Klima nur einen Teil der Varianz der Florenelemente in den Arealtypenspektren zu erklären vermag. Darüber hinaus spielt der Boden eine

wichtige Rolle. Dies zeigt sich insbesondere auch am Schwarzwald, wo Gneisböden andere Vegetationsassoziationen tragen als etwa arme Buntsandsteinböden. Mit der Bodenreihe Kalk-Grundgestein-Sandsteinboden tritt z. B. immer mehr die submediterrane Flora zurück und etwa die eurasiatische Flora hervor.

5. Die Lebensformen der Flora-Stufen

Als Ergänzung der vergleichenden floristischen Analyse von Schwarzwald und Vogesen soll auch auf den Wandel der Lebensformen von Flora-Stufen eingegangen werden, um auch den Wandel im Vegetationsbild quantitativ abschätzen zu können. Es werden dazu zwei ökologisch-physiognomische Artengruppen unterschieden, die auch in den Arealtypenspektren der einzelnen Vegetationsstufen getrennt aufgeführt worden waren: Bäume und Sträucher, also Phanerophyten auf der einen sowie die Pflanzenarten der Feldschicht (Chamaephyten, Hemikryptophyten und Therosowie Geophyten) und auf der anderen Seite, die zusammenfassend als Kräuter bezeichnet sein sollen.

Die Relationen von Phanerophyten und Kräutern in ihrem Wandel von einer Höhenstufe zur anderen sind der Tabelle 4 zu entnehmen. Darin sind die Werte für die Ostseite der Vogesen und die Westseite des Schwarzwaldes nebeneinandergestellt.

Tabelle 4: Die relativen Anteile von Phanerophyten und Kräutern in verschiedenen Höhenstufen von Schwarzwald und Vogesen (Mittelwerte aus verschiedenen Standorten der typischen Vegetationsassoziationen)

<u>Höhenstufe (in NN)</u>	<u>Phanerophyten</u>		<u>Kräuter</u>	
	Vogesen	Schwarzwald	Vogesen	Schwarzwald
370 m/300 m	54,69 %	54,35 %	45,31 %	46,65 %
500 m/500 m	30,34 %	23,68 %	69,66 %	76,32 %
700 m/800 m	22,78 %	23,91 %	77,22 %	76,09 %
1150m/1150m	20,83 %	19,30 %	79,17 %	80,70 %
1250m/1400m	2,33 %	2,38 %	97,67 %	97,62 %

(In der ersten Spalte zeigt die erste Ziffer die mittlere Höhe der Pflanzenstandorte in den Vogesen an, die zweite Ziffer diejenige im Schwarzwald.)

Für Schwarzwald und Vogesen zeigen sich ähnliche Relationen eines hypsometrischen Wandels der beiden Lebensformengruppen, die sich jeweils zu einem Lebensformenspektrum ergänzen. In der untersten Eichenstufe der Vorhügel, die meist nur fragmentarisch erhalten ist, zeigen sich bei beiden Gebirgen die Phanerophyten als dominierend (über 50 % Anteil am relativen Lebensformenspektrum). Nach oben hin geht der relative Anteil der Phanerophyten beständig zurück. Oberhalb der untersten Eichenstufe dominieren dann durchweg die Kräuter. Die absolute Anzahl der Phanerophyten ist in der untersten Flora-Stufe der Vogesen erheblich größer als in der des Schwarzwaldes. Auch die Krautschicht ist in den Kalkvorhügeln der Vogesen artenreicher. Dem entspricht auch eine größere Stoffproduktion der Pflanzengesellschaften des *Quercus pubescens* am Vogesenstrand (vgl. LIETH, 1974). Ohne ausgesprochenen Wassermangel steigt die Artenzahl und damit auch die Stoffproduktion von Pflanzengesellschaften offenbar mit zunehmenden Temperaturen an.

In beiden Gebirgsstöcken läßt sich auch die Regel verifizieren, daß mit zunehmender Höhe, also zurückgehenden Temperaturen, der relative Anteil der Phanerophyten in den Lebensformenspektren aktiv zurückgeht, d.h. bedingt durch eine sinkende absolute Anzahl von Phanerophyten. Die Beziehung zwischen dem relativen bzw. absoluten Anteil der Phanerophyten an den Lebensformenspektren und der mittleren Höhenlage der Standorte erwies sich statistisch in jedem Falle als ausreichend signifikant gesichert (vgl. Tab. 5).

Tabelle 5: Regressions- und Korrelationsanalysen der Beziehung des relativen Phanerophytenanteils an den Lebensformenspektren zur Höhenlage der Fundorte

<u>Gebirge</u>	<u>Regressionsgleichung</u>	<u>Korr.koeff.</u>	<u>Sicherungswahrsch.</u>
Vog. (y=rel.)	$y = -0,0423x + 59,755$	0,880	95,00 %
" (y=abs.)	$y = -0,0335x + 44,84$	0,974	99,00 %
Schw. (y=rel.)	$y = -0,0364x + 54,97$	0,880	95,00 %

x = Höhe NN; y = Phanerophytenanteil; (5 Wertepaare)

Nach den Regressions- und Korrelationsanalysen vermindert sich in den Vogesen der relative Anteil der Phanerophyten an den Lebensformenspektren um etwa 4,2 % pro 100 m, im Schwarzwald entsprechend um 3,6 %. Die Höhenlage der Vegetationsstufen erklärt dabei die Varianz des relativen Phanerophytenanteils zu jeweils etwa 77 %. Dagegen erklärt der hypsometrische Wandel in den Vogesen gar zu 95 % die Abnahme der absoluten Anzahl der Phanerophyten (Abb. 11) um etwa drei Arten pro 100 m Höhenzunahme.

Ähnlich wie bei einem Übergang von den warmen Savannen zu den kühleren Steppen zeigt sich auch hier die Anzahl der Phanerophyten stark abhängig von den Temperaturen. Die Phanerophyten scheinen besonders bei der Möglichkeit zu rascher Stoffproduktion anderen Lebensformen im Wettbewerb überlegen zu sein, denn bei schnellem Längenwachstum können sie am ehesten über Beschattung und Wurzelkonkurrenz die übrigen Lebensformen zurückdrängen. Mit verminderter Temperatur, d. h. verminderter Stoffproduktion, behaupten sich die Kräuter dagegen immer besser, bis sie in den höheren Stufen der subalpinen Heiden die Phanerophyten fast vollständig verdrängt haben. Danach tritt die Baumgrenze etwa dort auf,

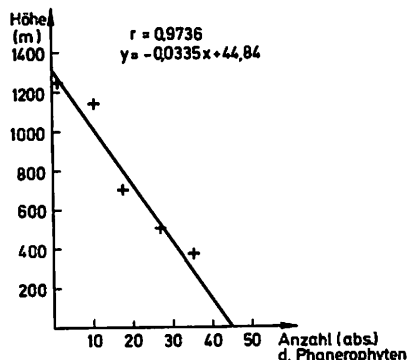


Abb. 11: Beziehung zwischen der absoluten Anzahl von Phanerophyten zur Meereshöhe in den Vogesen

wo die Stoffproduktion der Bäume unter ein Niveau sinkt, das noch zumindest ein Wettbewerbsgleichgewicht mit den Kräutern garantieren könnte. Eine zunehmend eingeschränkte Vegetationszeit läßt es nicht mehr zu, das üppigere Sproßsystem von Phanerophyten aufzubauen und bei dem Mehr an toter Substanz eine positive Stoffbilanz zu erzielen. Dementsprechend werden die Phanerophyten nach oben hin auch immer niederwüchsiger, was zum Beispiel die Buchen an der Waldgrenze der Vogesen deutlich machen (Bild 5). Dies hat dann zudem den Vorteil, daß die Pflanzen länger durch den Schnee vor extrem tiefen Temperaturen geschützt werden können, weshalb ja auch in der Krautschicht sich nach oben immer mehr der Anteil der Hemikryptophyten erhöht, d. h. derjenigen Pflanzen, die ihre empfindlichen Überdauerungsknospen unmittelbar über dem Erdboden tragen.

Die Abb. 11 macht mit ihrer linearen Abnahme der Zahl der Phanerophyten zur Höhenlage der Pflanzenstandorte übrigens eine natürliche Baumgrenze am Schnittpunkt von der Regressionsgeraden und der X-Achse wahrscheinlich.

Die Lebensformen der Flora von Schwarzwald und Vogesen zeigen sich in durchaus ähnlichen Relationen, so daß das Vegetationsbild zumindest im Süden zu beiden Seiten des Oberrheingrabens ähnlich ist, wie ja auch die physiognomisch bestimmenden Bäume der Hauptvegetationsstufen meist gleichartig sind.

6. Zusammenfassung

P f l a n z e n s o z i o l o g i s c h erwiesen sich kaum Ähnlichkeiten zwischen Schwarzwald und Vogesen. In der Regel konnte keine signifikante Übereinstimmung zwischen den vergleichbaren Vegetationsassoziationen festgestellt werden.

F l o r i s t i s c h zeigten sich die Ostseite der Vogesen und die Westflanke des Schwarzwaldes näher verwandt. Meist dominierte in vergleichbaren Höhenstufen auch das gleiche Florenelement. Die Vogesen erwiesen sich floristisch jedoch durchgehend etwas submediterraner geprägt, der Schwarzwald, vor allem der Nordschwarzwald, eigneten dafür höhere relative Anteile der zonalen subatlantisch-mitteuropäischen Flora an den Arealtypenspektren. Der Schwarzwald ist auch prägnanter mit praealpinen, vor allem alpinen Spezies bestanden. Hinsichtlich der **L e b e n s f o r m e n** der Flora machten Schwarzwald und Vogesen die größten Übereinstimmungen deutlich. In ihrem Vegetationskleid sind sie sich durchaus ähnlich.

Als mögliche Ursachen der pflanzensoziologischen und der floristischen Differenzen zwischen der Schwarzwaldwestseite und der Vogesenostflanke wurde einmal das Klima hervorgehoben. Die Vogesen sind im Mittel wärmer, der Schwarzwald feuchter. Auch die geographische Lage ist jedoch darüber hinaus zu berücksichtigen. Die Vogesen liegen unmittelbar an der Burgundischen Pforte, die gleichsam ein Einfallstor mediterraner und submediterraner Elemente in den mitteleuropäischen Raum darstellt. Der Schwarzwald zeigt sich dafür enger mit dem Alpenorogen verbunden.

Im Prinzip konnten nur einzelne mögliche Ursachen der floristischen Zusammensetzung der Pflanzenwelt von Schwarzwald und Vogesen angeführt werden. In der Realität prägt jedoch ein enger, schwer differenzierbarer Faktorenkomplex die relativen Anteile einzelner Florenelemente an den Arealtypenspektren, wobei insbesondere der Faktor "Wettbewerb" gerade quantitativ kaum zu fassen ist. So muß auch eine quantitative floristische Analyse stets von qualitativen ökophysiologischen Überlegungen begleitet werden, um eine Interpretation der statistischen Ergebnisse zu ermöglichen, die ja für sich nur Abhängigkeiten von Zahlen,

nicht jedoch Kausalitäten zum Ausdruck bringen können. Nur was nach ökophysiologischen Erkenntnissen voneinander abhängt, kann statistisch miteinander korreliert werden.

7. Bemerkungen zur Klima- und Vegetationsgeschichte der Vogesen (Abb. 12)

Einige neuere Arbeiten, die grundlegende Erkenntnisse der Klima- und Vegetationsgeschichte West- und Mitteleuropas vermitteln können und gerade in jüngster Zeit im Raume der Vogesen erstellt worden sind, sollen im folgenden kurz mitgeteilt werden. Der sich daraus ergebende Ablauf der Klimageschichte dürfte auch für den Schwarzwald gelten, zumal FRENZEL (1973) für ganz Süddeutschland ähnliche Vorstellungen aufzeigt wie WOILLARD (1978) für die Vogesen. WOILLARD (1978) konnte am Grande-Pile-Moor südlich von Gérardmer ein kontinuierliches Pollenprofil der letzten 140000 Jahre erschließen (vgl. Abb. 12). Danach läßt sich die Klimageschichte der Vogesen nicht mehr mit WOLDSTEDTS (1958) Gliederung des Eiszeitalters vereinbaren. Die Eemwarmzeit ist in den Vogesen nicht vor der letzten, sondern vor der vorletzten Kaltzeit (2 Kaltzeiten) anzusetzen. Auf sie folgen zwei abrupte Kaltphasen (Melisey I und Melisey II), unterbrochen von einem Interglazial (St. Germain I). Die Kaltphasen sind nach WOILLARD (1978) auf etwa 130000 und 90000 B.P. zu datieren und weltweit dokumentiert. Sie können mit Riß I und Riß II der Alpen korreliert werden. Pflanzenökologisch sind sie durch eine *Gramineen-Artemisia*-Steppe gekennzeichnet. Auf Melisey II folgt das St. Germain II Interglazial, das, wie St. Germain I, durch eine völlige Wiederbewaldung der Vogesen gekennzeichnet gewesen sein dürfte. Darauf folgt erneut eine rapide Klimaverschlechterung der jüngsten Kaltphase (Lanterne), die der Würmkaltzeit der Alpen entspricht. Drei Zyklen sind darin zu differenzieren, wobei

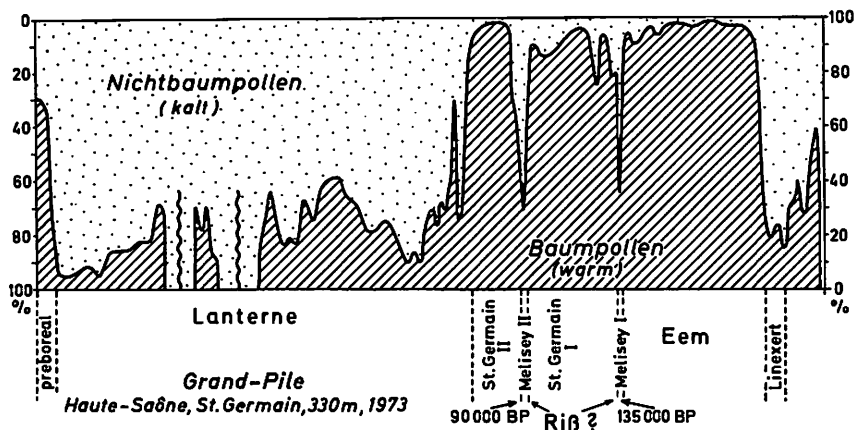


Abb. 12: Pollenprofil aus den Vogesen
(nach WOILLARD, 1978)

sich die dritte Kaltphase in den Pollenspektren als trocken ausweist. Es folgt darauf erneut ein abrupter Klimaumschwung in das holozäne Interglazial. Auffallend ist an diesem Klimaablauf (Abb. 12), daß die entscheidenden Klimaumschwünge sich auf sehr kurze Zeiträume konzentrieren und dazwischen längere klimatische Stabilitätsphasen relativ warmen oder kalten Klimas liegen. Die relativ langandauernden klimatischen Stabilitätsphasen sind jedoch durch Wärmeschwankungen wie während der Lanterne-Kaltzeit oder extreme Kälteschwankungen wie zwischen der Eemwarmzeit und den St. Germain-Warmzeiten unterbrochen. Erstaunlich ist auch die kurze Dauer der älteren Kaltphasen, etwa des Linxert vor der Eemwarmzeit oder besonders von Melisey I und II, die im Vergleich zur jüngsten Kaltphase nur kurzzeitige Oszillationen in längerfristig wärmeren Perioden darstellen.

Im Holozän stellte sich dann allmählich das heutige Vegetationsbild der Vogesen ein. Von Interesse sind die Pendelungen der Waldgrenze um den Etang de Gérardmer (800 m), westlich des Hohneck (vgl. TEUNISSEN u. SCHOONEN, 1973), ermittelt über Pollenspektren. Danach herrschte praeallerödzeitlich ein trockenes Klima mit einer *Artemisia-Ephedra*-Steppe vor. Die Waldgrenze stieg erst während der Allerödzeit knapp über den Etang de Gérardmer an, um während der jüngeren Dryaszeit erneut unter 800 m abzusinken, ohne daß sich jedoch bei feuchterem Klima die *Artemisia-Ephedra*-Steppe wieder einstellen konnte. Seit dem Praeboreal übersteigt die Waldgrenze die 800 m Marke des Etang de Gérardmer. Zunächst dominiert dort ein Birken-Kiefernwald, dann ein Kiefernwald mit *Corylus* (Boreal). Im Atlantikum stellten sich artenreiche Laubwälder des *Quercetum mixtum* ein. Ab etwa 5000 B.P. beginnt die Einwanderung von Buche und Tanne, die heute das Waldbild der mittleren und höheren Stufen der Vogesen bestimmen (vgl. JANSSEN et alii, 1975). Gleichzeitig erfolgte ein Absinken der Waldgrenze, möglicherweise natürlich unter die heutigen Gipfelniveaus. Zur Ausbildung eines *Betula*-Gürtels konnte es dort nicht mehr kommen, dazu reichte nach TEUNISSEN und SCHOONEN (1973) die Ozeanität nicht mehr aus. Stattdessen bildet *Fagus* die Waldgrenze wie im Französischen und Schweizer Jura, den Französischen Voralpen, den Insubrischen Alpen, dem Apennin und auf Korsika, wohingegen der Schwarzwald bereits einem mitteleuropäischen Waldgrenztypus angehört, mit vorherrschenden Nadelbäumen an der Obergrenze des Baumwuchses.

Es zeigt sich, daß das Klima- und Vegetationsbild transitiv ist. Auch heute ändert sich mit den Klimaschwankungen unabhängig von den anthropogenen Eingriffen die Vegetationszusammensetzung. Es besteht derzeit ein weltweiter Abkühlungstrend (seit 1950), der sich besonders auf die submediterrane Flora an den höheren Grenzstandorten von Schwarzwald und Vogesen negativ auswirken wird.

R é s u m é

L'analyse quantitative de la flore des Vosges et de la Forêt Noire cherche à découvrir la variation de la flore suivant l'altitude et à comparer les flores des deux massifs du Haut Rhin.

L'aire des taxa est le critère principal du regroupement des espèces suivant la forme biogéographique (géo-élément): Ce sont d'abord les plantes sub-méditerranéennes (S), sub-alpines (P), alpines (Alp), eurasiatiques (Eur) et sub-atlantiques de l'Europe centrale (Sub). Il y a encore trois formes biogéographiques de liaison: les taxa sub-méditerranéens/sub-atlantiques (SS), sub-méditerranéens/sub-alpins (SP) et sub-méditerranéens/eurasiatiques (SE) (cf. fig. 2+3).

Suivant les formes biogéographiques ont été établis les spectres biogéographiques. La distribution des spectres biogéographiques de chaque habitat est représentée pour les Vosges et la Forêt Noire dans les figures 4 et 5. On peut constater en général une continuité floristique des taxa sub-méditerranéens aux espèces plus tempérées (Eur, Sub, P). La variation de la flore suivant l'altitude des habitats a été analysée avec des méthodes statistiques de la corrélation et de la régression (cf. tabl. 1).

Une analyse de comparaison des étages biogéographiques des Vosges et de la Forêt Noire accomplit l'analyse floristique (cf. spectres biogéographiques des étages biogéographiques, fig. 6-10) et essaie de comparer les étages biogéographiques des deux montagnes suivant la méthode statistique des χ^2 . Ce sont d'abord les flancs des massifs vers la vallée du Rhin qui ont été analysés ainsi. Seulement les forêts à *Fagus* et *Abies* et à *Fagus* sont semblables dans un sens sociologique dans les deux montagnes. C'est d'abord le climat plus sec et plus chaud du flanc est des Vosges, comparé avec la Forêt Noire, qui provoque les différences indiquées entre les associations des plantes des Vosges et de la Forêt Noire.

L'interdépendance entre la flore et le climat a été analysée ensuite par les méthodes statistiques de la régression et de la corrélation (cf. tabl. 2 et 3). On peut souligner la corrélation négative des espèces sub-méditerranéennes avec les précipitations et leur étroite corrélation positive avec les températures. Les espèces alpines et sub-alpines nous montrent des interdépendances tout à fait différentes.

L'analyse du type éthologique a surtout montré une régression linéaire des phanérophytes avec l'altitude (cf. tabl. 4 et fig. 11).

Ensuite les résultats statistiques des analyses floristiques ont été discutés dans le sens écologique.

L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s (zu Kap. 1-6)

- Aichinger, E. (1937): Die Waldverhältnisse Südbadens, Karlsruhe
- Bartsch, J. u. M. (1929): Buche, Tanne und Fichte im Südschwarzwald und in den Südvogesen. Verh. d. bot. Ver. der Prov. Brandenburg, 71, S. 131-142
- Bartsch, J. u. M. (1940): Vegetationskunde des Schwarzwaldes, Pflanzensoziologie, Bd. 4, Jena
- Bartsch, J. u. M. (1941): Über den natürlichen Gesellschaftsanschluß der Fichte im Schwarzwald und ihren Einfluß auf den Standort bei künstlichem Anbau, Allg. Forst- und Jagd-Zeitung, 117, H. 2 u. 3, S. 29-80
- Bartsch, J. (1941): Pflanzengesellschaften und Vegetationsstufen im Schwarzwald, Bot. Jahrbücher, 72, H. 1, S. 131-150
- Braun-Blanquet, J. (1931): Zur Vegetation der oberrheinischen Kalkhügel, Beitr. zur Naturdenkmalpflege, 14, S. 281-292
- Braun-Blanquet, J. (1964): Pflanzensoziologie, Wien, New York
- Eggers, H. (1964): Schwarzwald und Vogesen, Braunschweig
- Ellenberg, H. (1963): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen - in kausaler, dynamischer und historischer Sicht, Einf. in die Phytologie, IV, 2, Stuttgart
- Fliri, F. (1969): Statistik und Diagramm, Das Geogr. Seminar, Prakt. Arbeitsweisen, Braunschweig
- Frankenberg, P. (1978): Methodische Überlegungen zur floristischen Pflanzengeographie, Erdkunde, 32, H. 4, S. 251-258
- Gams, H. (1958): Floren- und Vegetationsgeschichte des südlichen Schwarzwaldes, in: Der Feldberg im Schwarzwald, Hrsg. K. Müller, S. 387-402
- Hartmann, F. K. u. G. Jahn (1967): Waldgesellschaften des Mitteleuropäischen Gebirgsraumes nördlich der Alpen, Ökologie der Wälder und Landschaften, Bd. 1, Stuttgart, 2 Bde.
- Herzog, T. (1943): Moosgesellschaften des höheren Schwarzwaldes, Flora, 36, S. 263-308
- Huler, B. (1959/60): Die submediterranean-atlantischen Hügellwälder des Hochrheins, Mitt. der dt. Dendrolog. Ges., 61, S. 22-27
- Issler, E. (1924, 1925, 1926): Les associations végétales des Vosges méridionales et de la plaine rhénane avoisinante, 1^{er} partie: les forêts, Bull. Soc. d'Histoire nat. de Colmar, 3 Bde.: 1924: S. 3-67; 1925: S. 69-142; 1926: S. 145-253
- Issler, E. (1929): Les associations végétales des Vosges méridionales et de la plaine rhénane avoisinante, 2^{ième} partie: les garides et les landes, Bull. Soc. d'histoire nat. de Colmar, S. 319-328

- Issler, E. (1932): Die Buchenwälder der Hochvogesen, in: Die Buchenwälder Europas, Veröff. d. Geobot. Inst. Rübel in Zürich, 8, Bern, Berlin
- Issler, E. (1936): Les associations végétales de Vosges méridionales et de la plaine rhénane avoisinante, 3^{ième} partie: les prairies, Bull. Bull. Soc. d'Histoire nat. de Colmar, S. 433-519
- Issler, E. (1936): Die Vegetationsverhältnisse des Munstertales, kurze Beschreibung der wichtigsten Pflanzengesellschaften auf phytosoziologischer Grundlage, Jahrb. d. Geschichtesver. f. Stadt und Tal Munster, Bd. X, Munster
- Issler, E. (1937): Les associations végétales des Vosges méridionales et de la plaine rhénane avoisinante. Les tourbières, Bull. Soc. d'Histoire nat. de Colmar, S. 5-53
- Issler, E. (1937): Beiträge zur Flora des Ostabfalls des südlichen Schwarzwaldes, Mitt. d. Bad. Ver. f. Naturkde. und Naturschutz Freiburg (Breisgau) N. F., Bd. 3, H. 23/24, S. 329-333
- Issler, E. (1939): Die Bewaldung der Hochvogesen, Mitt. d. bad. Ver. für Naturkunde und Naturschutz Freiburg (Breisgau), N. F., Bd. 4, S. 78-84
- Issler, E. (1942): Vegetationskunde der Vogesen, Pflanzensoziologie, Bd. 5, Jena
- Larcher, W. (1976): Ökologie der Pflanzen, UTB 232, Stuttgart, 2. Aufl.
- Lieth, H. (1974): Basis und Grenze für die Menschheitsentwicklung. Stoffproduktion der Pflanzen, Umschau 6, S. 169-174
- Litzelmann, E. u. M. (1961): Verbreitung von Glazialpflanzen im Vereisungsgebiet des Schwarzwaldes, Ber. Naturf. Ges. Freiburg (Breisgau), 51, S. 209-244
- Mayer, C. (1935): Ein Beitrag zur Vegetationskunde der Wälder des südlichen Schwarzwaldes und zur Ökologie der Weißtanne und unserer drei anderen Waldbäume (Fichte, Buche, Traubeneiche), Feddes Repert. spec. nov. reg. veg. Beih. 84, S. 1-67
- Mayer, C. (1936): Die Waldtypen des südlichen Schwarzwaldes, Feddes Repert. spec. nov. reg. veg. Beih. 86, S. 1-37
- Mayer, C. (1936): Die Waldgesellschaften des südlichen Schwarzwaldes und der benachbarten Ebenen, Mitt. d. Bad. Ver. f. Naturkunde und Naturschutz, Freiburg (Breisgau), N.F., Bd. 3, S. 259-261; S. 299-303; S. 307-311
- Müller-Stoll, W. R. (1954): Beiträge zur Ökologie der Waldgrenze im Schwarzwald, Angew. Pflanzensoziologie, Festschr. Aichinger, S. 824-847
- Oberdorfer, E. (1936): Bemerkenswerte Pflanzengesellschaften und Pflanzenformen des Oberrheingebietes, Beitr. z. naturkundl. Forsch. i. Südwestdeutschland, Bd. 1
- Oberdorfer, E. (1938): Ein Beitrag zur Vegetationskunde des Nordschwarzwaldes, Beitr. z. naturkundl. Forsch. i. Südwestdeutschland, Bd. 3, S. 150-270

- Oberdorfer, E. (1939): Nordschwarzwald und Südschwarzwald in pflanzengeographischer Betrachtung, Mitt, d. bad. Ver. f. Naturkunde und Naturschutz Freiburg (Breisgau), N. F., Bd. 4, H. 2, S. 84-88
- Oberdorfer, E. (1943/49): Die Pflanzengesellschaften der Wutachschlucht, Beitr. z. naturkundl. Forsch. i. Südwestdeutschland, Bd. 8 (o. Seitenangabe)
- Oberdorfer, E. (1957): Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Pflanzensoziologie, Bd. 10, Jena
- Oberdorfer, E. (1957): Eine Vegetationskarte von Freiburg (Breisgau), Ber. Naturf. Ges. Freiburg (Breisgau), 47, H. 2, S. 139-145
- Oberdorfer, E. (1962): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Süddeutschland, Stuttgart, u. Neuauflage, 1976
- Oltmanns, F. (1927): Das Pflanzenleben des Schwarzwaldes, Freiburg, 3. Aufl.
- Paul, P. (1977): La décroissance de la température avec l'altitude dans les Vosges et la Forêt-Noire, Aspects locaux et régionaux, Rech. Géogr. No 4, Uni. Pasteur à Strasbourg, S. 55-67
- v. Rochow, M. (1951): Die Pflanzengesellschaften des Kaiserstuhls, Pflanzensoziologie Bd. 8, Jena
- v. Rochow, M. (1952): Ergänzung zur Flora des Kaiserstuhls, Mitt. Florist. soz. Arb., N. F., 3, S. 89-92
- Schumacher, A. (1937): Floristisch-soziologische Beobachtungen in Hochmooren des südlichen Schwarzwaldes, Beitr. z. naturkdl. Forsch. in Südwestdeutschland, Bd. 2, S. 221-283
- Troll, K. (C.) (1925): Ozeanische Züge im Pflanzenkleid Mitteleuropas, Freie Wege vergleichender Erdkunde, Drygalski-Festschr. München, S. 307-335
- Walter, H. (1968): Die Vegetation der Erde in ökophysiologischer Betrachtung, Bd. 2, Die gemäßigten und arktischen Zonen, Stuttgart
- Walter, H. u. H. Straka (1970): Arealkunde, Einführung in die Phytologie, Bd. III, 2, Stuttgart, 2. Aufl.

Literatur zu Kap. 7:

- Frenzel, B. (1973): Some remarks on the Pleistocene Vegetation, Eiszeitalter und Gegenwart, 23/24, S. 281-292
- Janssen, C. R., M. J. J. Cup-Uiterwijk, H. J. Edelman, J. Mekel-te Riele und J. P. Pals (1975): Ecologic and palaeoecologic studies in the Feigne d'Artimont (Vosges, France), Vegetatio, 30, 3, S. 165-178
- Teunissen, D. u. J. M. C. P. Schoonen (1973): Vegetations- und sedimentationsgeschichtliche Untersuchungen am Grand Etang de Gérardmer (Vogesen), Eiszeitalter und Gegenwart, 23/24, S. 63-75
- Woldstedt, P. (1958): Das Eiszeitalter. Grundlinien einer Geologie des Quartärs, Stuttgart
- Woillard, G. M. (1978): Grande Pile Bog: A continuous pollen record for the last 140000 years, Quarternary Research, 9, S. 1-21

Bilder



Bild 1: *Quercus sessilis*-Wald mit *Castanea sativa* bei Munster
(Aufnahme: Verfasser, Herbst 1974)



Bild 2: *Quercus sessilis* (Aufnahme: Verfasser, Herbst 1974)



Bild 3: Übergang von Buchen-Tannenwald in Buchenwald südlich des Hohneck (Aufnahme: Verfasser, Frühjahr 1976)



Bild 4: Übergang vom Buchenwald in die *Nardus stricta*-Gesellschaft nordöstlich des Hohneck (Aufnahme: Verfasser, Frühjahr 1976)



Bild 5: Buchen an der Waldgrenze des Hohneck (Aufnahme: Verfasser, Frühjahr 1976)



Bild 6: Fichten an der Waldgrenze des Schwarzwaldes (Aufnahme: Verfasser, Sommer 1973)