

Sukzessionsprozesse im aufgelassenen Weidfeld-Gebiet des „Bannwald Flüh“ (Südschwarzwald) 1976–1988. – Mit einer vergleichenden Betrachtung statistischer Auswertungsmethoden.

– Angelika Schwabe, Anselm Kratochwil und Joachim Bammert –

Zusammenfassung

In einer Fallstudie wird nach Untersuchungen in einem 30 Jahre brach liegenden Borstgrasrasen des „Bannwald Flüh“, Südschwarzwald, kritisch geprüft, welche Möglichkeiten des statistischen Vergleichs von Vegetationsaufnahmen verschiedener Jahre es gibt. Es liegen Ergebnisse aus den Jahren 1976/77 und 1987/88 zugrunde. Fragen nach statistisch absicherbaren Vegetationsvergleichen gewinnen zunehmend an Bedeutung, z.B. im Zusammenhang mit möglichen immissionsbedingten Vegetationsveränderungen in Wäldern und an Offenland-Standorten.

Als sehr genaues Verfahren, einsetzbar bei abhängigen Stichproben, erweist sich der t-Test für Paardifferenzen. Probleme, die mit vorausgesetzter Normalverteilung bei diesem Test entstehen, werden diskutiert. Bei unabhängigen Stichproben muß in standörtlich differenzierten, großen Untersuchungsgebieten, bei geringen Vegetationsveränderungen und geringem Stichprobenumfang bei allen einsetzbaren statistischen Verfahren mit Unsicherheiten gerechnet werden. Ein kritischer Vergleich möglicher und auszuschließender statistischer Verfahren wird als Beitrag zur Methodendiskussion für das Fallbeispiel vorgelegt.

Die nach dem paarigen t-Test gewonnenen Ergebnisse zeigen für 6 Arten signifikante Zunahmen, für 4 Arten Abnahmen (Tab. 2). In einem Falle (*Cuscuta epithymum*) kann die Zunahme durch den Vergleich 1987/88 als Fluktuation klassifiziert werden. Alle Arten mit Zunahme außer *Cuscuta* verfügen über effektives Polykornmonowachstum, das den Arten mit Abnahme fehlt. Die erfolgreichen Sukzessionsprozesse im Hinblick auf eine Wiederbewaldung gehen vor allem von den Gebüschkernen aus. Neu entstandene Saum- und Gebüschtypen werden mit pflanzensoziologischen Aufnahmen dokumentiert. Arten mit Zunahme im Weidfeld kommen mit z.T. hohen Stetigkeiten in den Gebüschern vor.

Vergleiche von mittleren Stickstoff-Zahlen (nach ELLENBERG) 1976 und 1988 zeigen keine signifikanten Unterschiede. Immissionsbedingte Änderungen im Weidfeld und in der Krautschicht umgebender Waldgesellschaften konnten (noch) nicht aufgezeigt werden. Auf den kritischen Umgang mit Zeigerwert-Berechnungen wird hingewiesen.

Abstract

One purpose of this study is to prove critically which statistical methods can be used to compare relevés from different years. This problem can be studied using a case study of *Nardo-Callunetea* grassland in the „Bannwald Flüh“ (southern Black Forest), where comparable relevés from 1976/77 and 1987/88 are available. Questions of statistically proven comparisons of vegetation types are more and more important, e.g. referring to vegetation changes in forest and open-field communities caused by immissions.

The t-test for paired comparisons is a very exact method which can be applied if the random samples are dependent on each other. Problems with assumed normal distribution concerning the t-test are discussed. If samples taken at random are not paired, uncertainties must be taken into account when applying all statistical methods available for that purpose, especially if the stands in the study area are differentiated, if there is a large study area, if there are only small vegetation changes, or if the extent of the random sample is low. A critical comparison of statistical tests which can be applied and which can be excluded is presented for this case study.

The results acquired by applying the t-test for paired comparisons show a significant increase for 6 species and a significant decrease for 4 species (table 2). After comparison of the years 1987 and 1988, the increase of *Cuscuta epithymum* can be classified as a fluctuation. With the exception of *Cuscuta*, all species showing an increase – but not those with a decrease – do have very effective clonal growth. The successful processes of succession regarding the phases of forest colonization are initiated in the shrub „nuclei“. The

newly established fringe- and shrub communities are documented by means of relevés. Species with an increase in the *Nardo-Callunetea* grassland even occur in the shrubs with high presence values. Comparisons of the nitrogen indicator data for 1976 and 1988 (sensu ELLENBERG) do not show significant differences. Changes of the grassland vegetation and the herb layer of the surrounding forest communities, caused by immissions, could not (yet) be documented. The indicator data require critical consideration.

Einführung

Das Gebiet „Flüh“ bei Schönau/Wiesetal, gelegen in der montanen Stufe des Südschwarzwaldes (520–700 m ü.M.), wurde im Jahre 1970 zum Bannwald erklärt (DIETERICH et al. 1970). Es handelt sich um den vorwiegend NW-exponierten, wärmezeitlich vergletscherten Talhang der Wiese, aufgebaut vor allem aus Gneisen und ihren Aufschmelzungs- und Umwandlungsprodukten (METZ & REIN 1958). Das 37 ha große Gebiet wird nach der Vegetationskartierung aus dem Jahre 1976 (SCHWABE-BRAUN 1977, 1979) durch artenarme Buchenwald-Gesellschaften (*Luzulo-Fagetum*, z.T. mit Tanne), in Anreicherungsstadien auch *Aceri-Fraxinetum*, *Asperulo-Fagetum* und *Carpinus-Corylus*-Ges., geprägt.

Eine Besonderheit stellt das zum Bannwald gehörende 4 ha große (Stand: 1976) und seit 1960 aufgelassene ehemalige Gemeinde-Weidfeld dar. Die vegetationskundlichen Untersuchungen im Jahre 1976 (SCHWABE-BRAUN 1979) zeigten, daß die aufbauende Rasengesellschaft als Flügelginster-Weide (*Festuco-Genistetum sagittalis*) einzustufen war; Fazies von *Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus* und *Pteridium aquilinum* kamen in dieser Gesellschaft vor. *Crataegus monogyna*-Einzelsträucher, lokal auch kleine Gebüsche, durchsetzten das Extensiv-Weidfeld. Eine Vegetationskarte im Maßstab 1:2.500 wurde angefertigt (SCHWABE-BRAUN 1977).

Eine Analyse der Sukzessionsprozesse, 11 und 12 Jahre nach der Erstuntersuchung, sollte – unabhängig von lokalen Gegebenheiten – die Beantwortung der folgenden wissenschaftlich wichtigen Fragestellungen ermöglichen:

- 1) Gibt es Methoden des Vergleichs von Vegetationsaufnahmen verschiedener Jahre, die Vegetationsveränderungen auch bei nicht exakt markierten Dauerflächen aufzeigen? Diese Fragestellung erhält z.B. bei Untersuchungen von längerfristigen Vegetationsveränderungen (z.B. durch Immissionseinwirkungen) mehr und mehr an Gewicht. Vegetationsvergleiche wurden mit methodisch verschiedenartigen Ansätzen, z.B. von BÜRGER (1983), WITTIG et al. (1985 a, b), ELLENBERG jun. (1985), WILMANN & BOGENRIEDER (1986), BUCK-FEUCHT (1986), WITTIG & WERNER (1986), KUHN et al. (1987), BÜRGER (1987, 1988), ROST-SIEBERT & JAHN (1988), WILMANN (1988) u.a. durchgeführt.
- 2) Können Sukzessionsprozesse exakt von Fluktuationen im Sinne von RABOTNOV (1974) getrennt werden?
- 3) Spielen sich im Falle eines aufgelassenen Rasens Sukzessionsprozesse vorwiegend in den Rasengesellschaften oder in den Gebüschkernen ab?
- 4) Gibt es Änderungen, die auf Immissionseinflüsse zurückzuführen sind?

Schlüsse, die aus nachweisbaren Sukzessionsprozessen für Pflegemaßnahmen in Gebieten zu ziehen sind, deren Vegetationstypen qualitativ aus Naturschutzgründen erhalten werden sollen, werden an anderer Stelle dargestellt (SCHWABE 1989).

Methoden der vergleichenden Vegetationsaufnahme 1976/77 – 1987/88

Im Jahre 1976 wurden im Bereich der 4 ha großen Weidfeld-Fläche in einem begrenzten Teilgebiet von 2 ha 15 Vegetationsaufnahmen mit der differenzierten Braun-Blanquet-Skala (s. BARKMAN et al. 1964) gemacht; eine weitere Aufnahme erfolgte im Jahre 1977 (Dauerfläche, versteint durch die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, Baden-Württemberg). Die Orientierung bei den Nicht-Dauerflächen und ihre Einmessung war durch die Bannwald-Versteinerung (Gitternetz von 100 m Seitenlänge) erleichtert. Alle Aufnahmeflächen konnten im Jahre 1977 kontrolliert werden; in dieser Zeit hatte sich an Artenzusammensetzung und Deckung nichts geändert.

Im Jahre 1987 fand eine Wiederholungsaufnahme statt. Hierbei war es möglich, die nicht versteineten Flächen mit einer Unschärfe von etwa 1 m wiederzufinden. Da es zunächst um Fragen nach Sukzessionsprozessen im Rasen ging, wurden bei Vorkommen von *Crataegus*-Gebüschchen die Aufnahmeflächen im Jahre 1987 so begrenzt (unter Einbeziehung von Teilen der alten Fläche), daß das Verhältnis Gebüsch – Rasen gleichblieb.

Eine exakte Dokumentation des Gebüschzuwachses an einer bestimmten Lokalität kann nur über die Analyse fest vermarkter Dauerflächen geführt werden. Die Dokumentation des Gebüschzuwachses erfolgte durch photographischen Vergleich (Luftbilder, Vergleichsphotos). Qualitative Änderungen der Vegetationszusammensetzung der Gebüschchen konnten durch Vegetationsaufnahmen im Jahre 1988 festgehalten werden.

Alle Aufnahmen wurden im Jahre 1988 noch einmal überprüft; es zeigten sich hier gravierende Unterschiede in der Häufigkeit von *Cuscuta epithymum* im Vergleich zu 1987.

Die vergleichenden Vegetationsaufnahmen der Jahre 1977–1988 werden in der Tab. 1 wiedergegeben; sie stellen das Datenmaterial für die statistische Auswertung dar. Eine Erläuterung der Artmächtigkeitsklassen kann der Abb. 1 entnommen werden.

Die Kern-Untersuchungsfläche von 2 ha zeigt nur geringe standörtliche Differenzierung. Einige wenige Nährstoffzeiger treten im oberen und unteren Teil der Fläche auf. Selbst in diesen „*trifolietosum*“-Flächen sind jedoch Säure- und Magerkeitszeiger mit größerer Menge und Stetigkeit vorhanden (*Deschampsia flexuosa*, *Calluna vulgaris*, *Pleurozium schreberi* u.a.). So ist es vertretbar, Vergleiche für das Gesamtkollektiv der 16 Aufnahmen zu ziehen. Bei frischeren und nährstoffreicheren Beständen der Flügelginster-Weide ist mit abweichenden Sukzessionsprozessen zu rechnen. Hier kann z.B. *Deschampsia flexuosa* stark zurücktreten oder fehlen, und Arten, z.B. mit Schwerpunkt in frischen Saumgesellschaften der *Glechometalia*, reichern sich an. Dies zeigten Dauerflächen-Untersuchungen von SCHIEFER (1981) und SCHREIBER (1986) im *Festuco-Genistetum trifolietosum* des Hochschwarzwaldes.

Allgemein machten die Dauerflächen-Untersuchungen von SCHIEFER (1981), der 16 verschiedene standörtliche Typen in Rasengesellschaften Südwestdeutschlands untersuchte, deutlich, daß es bei Grünlandbrachen eine Fülle von Reaktionstypen gibt. Schlüsse auf andere, nicht untersuchte Bestände, sind oft nur unterhalb des Niveaus der Subassoziation erlaubt, in starkem Maße Höhenstufen-bezogen und abhängig von der Brachezeit, die – um erste Aussagen über den Reaktionstyp machen zu können – etwa 10 Jahre betragen sollte.

Bei vergleichenden Vegetationsaufnahmen werden mögliche Fehlerquellen gesenkt, wenn ein und derselbe Bearbeiter diese durchführt. Wenn dies durch zu großen zeitlichen Abstand nicht möglich ist, sollten z.B. die Größen der Aufnahmeflächen des Erstbearbeiters bei den Wiederholungsuntersuchungen sehr genau eingehalten werden.

Statistische Auswertungsmethoden bei vegetationskundlichen Aufnahmevergleichen

1. Methodenvergleich

Statistische Vergleiche von Vegetationsaufnahmen verschiedener Jahre wurden bisher nur von wenigen Autoren durchgeführt, z.B. von BÜRGER (1983), WILMANN (1988) (Anwendung des Vierfelder-Tests von FISHER) und von WILMANN & BOGENRIEDER (1986) (Anwendung des U-Tests von WILCOXON, MANN & WHITNEY). Da, wie bereits ausgeführt, der Vergleich heutiger mit alten Vegetationsaufnahmen immer mehr an Bedeutung gewinnen wird, erschien uns eine vergleichende Betrachtung verschiedener statistischer Verfahren speziell im Hinblick auf vegetationskundliche Fragestellungen notwendig zu sein. Im folgenden sollen diese Verfahren am Beispiel der Borstgrasrasen im Banngebiet Flüh verglichen werden. Wir beziehen uns im wesentlichen auf SACHS (1984) und WALTER (Bearb.: J. BAMMERT, 1988) und prüfen die Verfahren auf ihre Verwendbarkeit für bestimmte vegetationskundliche Fragestellungen. Die Anwendung statistischer Methoden erscheint besonders dann von Nutzen, wenn z.B. Vergleichsaufnahmen aus einem relativ kleinen, standörtlich nicht stark gegliederten Gebiet (in unserem Falle 2 ha) vorliegen, und die feinen Umschichtungsprozesse

Tab. 1: Vegetationsaufnahmen im Weidfeld „Flüh“ auf einer Fläche von 2 ha in den Jahren 1976 (A. 1, Dauerfläche: 1977) und 1987 (A. 1: 1988); jüngere Aufnahmen jeweils mit 1', 2' usw. markiert. Die Aufnahmeschätzung erfolgte nach der differenzierten Braun-Blanquet-Skala (s. Abb. 1). Die Nomenklatur folgt OBERDORFER 1983.

Lfd. Nr.	1 1'	2 2'	3 3'	4 4'	5 5'	6 6'	7 7'	8 8'	9 9'	10 10'	11 11'	12 12'	13 13'	14 14'	15 15'	16 16'
Feldnr.	D2	88	31	22	23	48	19	27	24	42	20	66	47	49	25	95
Forstl. Teilfläche	18	18	19	24	18	19	14	19	18	24	19	18	19	8	23	
Flächengröße (m ²)	25	9	9	9	16	12	9	9	9	12	9	25	9	12	9	12
Strauchschicht(%)	..	..	..	..	20,20	35,45	3 3	30,40	2	25,30	3 3	15,15	5 10	..	..	..
Feldschicht (%)	95,100	100,100	100,100	100,100	98,100	100,100	100,100	100,100	100,100	70,70	100,100	95,95	100,100	100,100	100,100	90,90
Moosschicht	5,30	60,60	20,30	60,60	70,25	70,60	10 20	60,60	60,60	40,60	25,40	70,70	70,70	80,80	40 60	60,70
Höhe ü.M.	650	650	680	640	640	670	680	670	630	650	680	670	670	680	630	680
Exposition	W	WWN	W	W	W	W	NNW	NNW	W	WNN	NNW	W	W	N	NNW	N
Neigung	25	20	27	15	28	30	25	25	25	35	25	30	30	35	25	30
Artenzahl	20,24	18 17	21,24	18 18	24,23	27,24	22,21	38,26	18 15	25 20	18 22	23 19	19 20	22 16	10 12	10 10
Ch, D Ass.																
<i>Genista sagittalis</i>	2a1	1	2a2a	2b+	2a2a	1 1	2a2a	2b2b	2a2a	+	1 1	1 1	2a2a	+	+	..
<i>Carlina aculifolia</i>	..	..	+	..	..	+	..	2a+	..	..	..	..	..	..	..	..
D trifolietosum																
<i>Festuca nigrescens</i>	2b1	2b2b	2a+	4 3	1 1	1 +	1 +	1 +	1	..	..	..	+	1	..	..
<i>Veronica chamaedrys</i>	1 2m	1 1	1 +	..	1 +	..	..	1 1	..	..	..	..	..	..	..	..
M <i>Rhytidadelphus squarrosus</i>	2a2b	4 5	2a	4 4	..	..	..	2b2b	..	+	..	..	..	..	..	..
<i>Rumex acetosa</i>	+	..	..	+	+	..	..	+	+	..	+	..	..	..	..	..
<i>Plantago lanceolata</i>	..	..	+	(+)	+	..	..	+	+	..	..	..	..	..	..	..
<i>Knautia arvensis</i>	..	..	..	..	..	1 +	+	+	..	..	..	..	..	..	..	..
D Arten im Kontaktbereich von Ameisenerdhügeln																
<i>Thymus pulegioides</i>	2m2m	1	..	..	1 2m	..	..	1 1	..	..	..	..	+	..	..	..
<i>Veronica officinalis</i>	+	+	..	2a1	1 1	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
<i>Rumex acetosella</i>	+	+	..	1 1	..	..	..	+	..	..	..	..	..	..	..	..
Ch Violon caninae																
<i>Viola canina</i>	2m2m	..	1 1	1 2m	1 1	1 +	+ 1	1 1	1 1	+	1 +	+	+	+	1	..
<i>Galium pumilum</i>	2m1	..	1 +	..	2m	+	+ 1	2a	2a	..	1 1	+	+	+	..	..
<i>Polygala vulgaris</i>	+	..	..	..	+	..	..	+	..	..	..	..	..	..	..	..
D Violon caninae																
<i>Pimpinella saxifraga</i>	2m	..	1 +	1	1 2m	1 1	+	1 1	+	+	..	+	+	+	..	..
<i>Silene nutans</i>	..	..	..	..	..	+	+	+	..	..	..	+	+	+	..	..
OC, KC Nardetalia,																
Nardo-Callunetea																
<i>Potentilla erecta</i>	1 2m	1 1	1 2m	1 2m	2m2m	1 2m	1 2m	1 2m	1 2m	1 2m	1 2m	2m2m	1 2m	1 1	1 2m	1 +
<i>Galium hircanicum</i>	+	2a2a	..	2b2b	..	2a	2m2a	1 2a	+ 1	1	1 2m	..	..	..	1 1	2m2m
<i>Arnica montana</i>	..	..	1 +	..	1 +	+	+	..	..	..	+	+	1 1	1	..	..
<i>Cuscuta epithymum</i>	..	..	..	..	+	+	+	1	+	+	..	..	+	..	..	..
<i>Genista anglica</i>	..	..	2a2a	..	..	1	..	..	..	..	+	+	2a2a	..	..	+
Zwergsträucher																
<i>Calluna vulgaris</i>	+ 1	..	(2a)	1 +	1 2a	3 3	+ 1	(2a2a)	2b 3	+	2b2a	4 4	4 4	4 4	+	3 4
<i>Vaccinium myrtillus</i>	..	..	..	..	..	1	..	..	..	..	4 4	2a2b	..	5 5	3 2a	3 3
Arten mit Schwerpunkt in Saum-/Schlaggesellschaften																
<i>Teucrium scorodonia</i>	2m	2a	+ 2a	2a	..	1 2a	..	+ 2a	1 1	2a2a	+ 1	1 2a	1 2a	+	2a	..
<i>Fragaria vesca</i>	..	..	2a	..	2m	1 +	1 2a	+ 1	+ 1	2m2b	1 2a	+	+ 2a	..	..	..
<i>Hypericum perforatum</i>	..	+	..	..	+	+	..	..	..	+	+	+	..	..	..	..
<i>Senecio fuchsii</i>	..	..	..	..	+	+	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
<i>Galeopsis tetrahit</i>	..	1	..	+	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
<i>Trifolium medium</i>	..	2a2a	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Aufkommende Gehölze																
<i>Crataegus monogyna</i> (s)	..	..	±	..	2b2b	3 3	+	3 3	..	2b3	+	+	+	(±)	..	..
<i>Quercus petraea</i> Str. K	..	±	..	±	+	..	..	±	..	+	..	+	+	..	+	..
<i>Quercus robur</i> Str. K	..	±	..	±	..	..	..	±	..	+	..	+	+	..	+	..
<i>Acer pseudoplatanus</i> K	..	..	+	+	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
<i>Rubus fruticosus</i> agg.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	2a1	..	+	+	..	..	..
<i>Rubus idaeus</i>	..	..	..	..	2a	..	..	..	..	..	..	+	+	..	..	..
<i>Picea abies</i> Str	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	..	..	..	..	..	..
<i>Sorbus aucuparia</i> Str	..	..	..	..	..	..	..	..	..	+	..	..	..	..	..	+
<i>Fagus sylvatica</i> Str	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	2a+	..	+	..	..
Begleiter																
<i>Deschampsia flexuosa</i>	3 2b	2a2a	5 5	2a	4 4	3 3	3 4	3 3	4 3	3 2b	2b2b	2a2a	2b2b	2a2a	2a2a	3 3
<i>Agrostis capillaris</i>	1 2b	2a2a	1 2a	1 2a	2a2a	1 2m	1 2m	1 2a	1	2m2a	..	+	+	1	1	1 1
<i>Achillea millefolium</i>	+ 2m	+	1 +	+	1 2a	1	1	2m2m	1 1	1	1	1	1	+	+	1 1
<i>Holcus mollis</i>	1 3	1 2b	+ 2m	2a2a	1 2m	2m	2b2b	2a2a	2a2a	1 1	2a2a	1 2m	2m2a	2m2m	2a	..
<i>Campanula rotundifolia</i>	..	..	+	..	..	..	..	+	+	+	+	..	..	+	+	+
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	..	..	1	..	+	..	1	1	1	2m	..	..	..	1	+	+
<i>Luzula campestris</i>	+	+	..	1	..	..	1	1	1	+	..	..	..	..	..	..
<i>Carex pilulifera</i>	..	..	+	..	..	1	..	+	..	..	..	..	..	..	..	..
<i>Euphorbia cyparissias</i>	1	..	..	..	..	..	..	+	..	..	..	..	..	..	..	..
Sonstige Moose																
<i>Pleurozium schreberi</i>	2a	..	2b2b	..	4 2b	4 4	2a2b	3 3	4 4	3 3	2b3	4 4	4 4	3 3	3 3	3 3
<i>Hylocomium splendens</i>	..	..	..	..	2a1	2a2a	..	1	..	2a2b	1	1	..	3 3	1 3	3 3

Außerdem kamen vor (1 und 2 x) in Aufn.1: *Trifolium pratense* 1, *Leontodon hispidus* +; Aufn.1': *Rosa canina* +; Aufn.2: *Ranunculus acris* +, *Lotus corniculatus* (+), *Dactylis glomerata* +, *Carex pairei* +, *Acer platanoides* +, *Mnium cuspidatum* +; Aufn.2': *Stellaria graminea* 1, *Dactylis glomerata* +, *Acer platanoides* +; Aufn.3: *Poa chaixii* +; Aufn.4': *Stellaria graminea* +; Aufn.5: *Carex caryophyllea* +; Aufn.6: *Dryopteris filix-mas* +, *Malus spec.* +; Aufn.7: *Ranunculus bulbosus* +; Aufn.7': *Malus spec.* +; Aufn.8: *Arrhenatherum elatius* +, *Lotus corniculatus* +, *Hieracium pilosella* 1, *Hypochoeris radicata* +, *Ranunculus bulbosus* +; Aufn.10: *Athyrium filix-femina* +, *Polypodium vulgare* +, *Solidago virgaurea* 1, *Fraxinus excelsior* +^o; Aufn.10': *Carpinus betulus* +; Aufn.11: *Abies alba* +; Aufn.11': *Genista tinctoria* +; Aufn.14: *Poa chaixii* +, *Thelypteris phegopteris* (+), *Oxalis acetosella* (+), *Platanthera bifolia* (+); Aufn.14': *Betula pendula* +; Aufn.16: *Populus tremula* +, *Dryopteris filix-mas* +; Aufn.16': *Populus tremula* +.

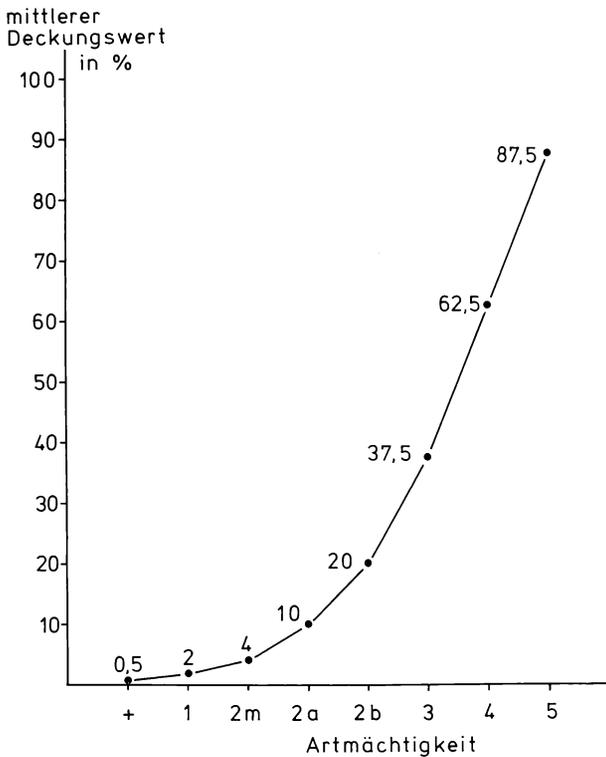


Abb. 1: Artmchtigkeiten und mittlere Deckungswerte der differenzierten Braun-Blanquet-Skala.

der Phytocoenose ohne statistische Verfahren nicht deutlich genug hervortreten. Bei größeren Gebieten müssen gerade bei differenziertem Relief ausreichende Stichproben zur Verfügung stehen.

Bei Verwendung der differenzierten Braun-Blanquet-Skala (s.o.) handelt es sich um diskrete Verteilungsfunktionen mit 8 Werten, die Artmächtigkeiten in Prozent darstellen. Es müssen dabei bei denjenigen Tests, wo quantitative Merkmale eingehen, mittlere Deckungswerte der einzelnen Artmächtigkeitsstufen zugrundegelegt werden (Abb. 1). Eine Normalverteilung der Häufigkeiten kann nicht vorausgesetzt werden, doch zeigten Simulationen mit Anwendungen von Tests, die eine Normalverteilung voraussetzen, auf nicht-normalverteilte Kollektive, daß die Unterschiede für unsere Fragestellungen sehr gering sein können (BAMMERT & WALTER 1969 und unpubl. Tab).

Eine Schwierigkeit besteht für unseren Vergleich in dem relativ kleinen Stichproben-Umfang ($n_1 = n_2 \leq 20$); dies ist für ähnliche Untersuchungen die Regel und wird bei uns durch die relativ große Homogenität und die Kleinflächigkeit des Vergleichsgebietes gemildert.

Die statistische Auswertung ist weiter dadurch erschwert, daß die meisten Arten aus Gründen der Standortsspezifität (z.B. Besiedler von Ameisen-Erdhügeln und ihren Randbereichen) oder allgemein geringer Konkurrenzkraft weder in hoher Stetigkeit vorkommen noch eine hohe Deckung erreichen. Dagegen bestehen nur für wenige Arten „Lizenzen“, in hoher Dominanz an einer Lokalität vorzukommen. Dieses Phänomen verändert sich auch bei der Wahl eines größeren Stichproben-Umfanges kaum oder nur geringfügig.

Da die Richtung möglicher Veränderungen vor Kenntnis der Probeflächen nicht vorhergesagt werden kann, muß bei den im folgenden zu besprechenden Tests die zweiseitige Fragestellung zugrundegelegt werden.

1.1 Unabhängige Stichproben

Der Vergleich nicht miteinander verbundener Stichproben kommt dann zur Anwendung, wenn die Aufnahmekollektive eine räumliche Unschärfe haben, wenn es sich nicht um Dauerflächen oder „Quasi-Dauerflächen“ handelt. Es können hier Unterschiede eingehen, die nicht auf Veränderungen, sondern auf abweichenden Lokalitäten der Stichproben beruhen. Je größer das zu bearbeitende Gebiet, je geringer die zu vergleichende Aufnahmezahl und je geringer die Vegetationsveränderungen, desto ungenauer werden die Ergebnisse. Durch diese methodischen Vorgaben haftet diesem Testverfahren eine Unschärfe an.

1.1.1 Vierfelder-Tests

Bei diesen Testverfahren gehen Änderungen im Deckungsgrad der Arten nicht ein, sondern nur ihre Stetigkeit. Verglichen werden zwei relative Häufigkeiten, um die Gleichheit der Grundwahrscheinlichkeiten zu prüfen.

Vierfelder-Chiquadrat-Test, exakter Vierfelder-Test von FISHER: Der Vierfelder-Chiquadrat-Test ist ein Näherungsverfahren für große Stichproben. Bei kleinen Stichproben-Umfängen, wie sie bei dieser Untersuchung vorliegen, ist der „exakte Vierfelder-Test von FISHER“ vorzuziehen. Bezogen auf unser Beispiel zeigen nur drei Arten eine (schwach) signifikante Veränderung (Tab. 2): *Cuscuta epithimum* und *Hypericum perforatum* eine Zunahme und *Plantago lanceolata* eine Abnahme.

Median-Test: Auch der Median-Test gehört zu den Vierfeldertests. Die Werte beider Stichproben werden zuvor beim gemeinsamen Median in zwei Klassen eingeteilt. Anschließend benutzen wir den „exakten Test“. Nur bei einer Art erhalten wir einen (schwach) signifikanten Unterschied: eine Zunahme bei *Teucrium scorodonia* (Tab. 2). Da Werte, die auf den Median fallen, weggelassen werden, können sich die Besetzungszahlen drastisch verringern. So geht mancher Effekt verloren. Bei *Potentilla erecta* wirkt sich dies am stärksten aus: verschiebt man die Einteilungsgrenze vom Median weg zwischen die Werte 1 und 2, so erscheint die Zunahme dieser Art hoch signifikant. Auch bei *Teucrium scorodonia* erhöht sich durch dasselbe Vorgehen die Signifikanz um eine Stufe.

1.1.2 Rangtests

Bei nichtnormaler Verteilung werden oft Testverfahren empfohlen, bei denen die Beobachtungswerte der Größe nach geordnet und durch Rangzahlen ersetzt werden.

U-Test von WILCOXON, MANN & WHITNEY (Wilcoxon-Test): Eine Schwierigkeit liegt bei diesem Test darin, daß Werte mehrfach vorkommen können. Diese sog. Bindungen (ties) sind bei diskreten Verteilungen häufig, z.B. bei den von uns unterschiedenen 8 Klassen der Artmächtigkeit. Dieses Problem ist bei Verwendung der nichtdifferenzierten Braun-Blanquet-Skala (6 Klassen) noch größer. Die Aussagekraft des U-Tests wird dadurch stark eingeschränkt. Aus diesem Grund muß eine Bindungskorrektur vorgenommen werden. Für unser Beispiel (Tab. 2) zeigen unter Verwendung des U-Tests eine Art (*Potentilla erecta*) eine hoch signifikante

Tab. 2: Statistischer Vergleich von Vegetationsaufnahmen der Jahre 1976/77 und 1987/88 unter Anwendung verschiedener unverbundener und verbundener Tests (weitere Erläuterungen s. Text).

Abkürzungen: 4-F=exakter Vierfelder-Test von FISHER, Med = Median-Test, Wil = Wilcoxon-Test, t = t-Test, Vz p = paariger Vorzeichentest, Wilp = paariger Wilcoxon-Test, tp = paariger t-Test.

***: $\alpha = 0,001$; **: $\alpha = 0,01$; *: $\alpha = 0,05$.

	unverbundene Tests				paarige Tests		
	4-F	Med	Wil	t	Vz p	Wilp	tp
Zunahme:							
Teucrium scorodonia	-	*	**	***	*	**	***
Potentilla erecta	-	-	***	***	**	***	***
Cuscuta epithymum	*	-	**	*	*	*	*
Hypericum perforatum	*	-	**	*	*	**	*
Fragaria vesca	-	-	-	*	*	*	*
Agrostis capillaris	-	-	-	*	*	*	*
Abnahme:							
Galium pumilum	-	-	*	*	*	**	*
Plantago lanceolata	*	-	*	*	-	-	*
Polygala vulgaris	-	-	*	*	-	-	*
Luzula campestris	-	-	-	*	-	-	*
Festuca nigrescens	-	-	-	-	**	**	-
Unverändert:							
Genista sagittalis	-	-	-	-	-	-	-
Carlina acaulis	-	-	-	-	-	-	-
Veronica chamaedrys	-	-	-	-	-	-	-
Rumex acetosa	-	-	-	-	-	-	-
Knautia arvensis	-	-	-	-	-	-	-
Thymus pulegioides	-	-	-	-	-	-	-
Veronica officinalis	-	-	-	-	-	-	-
Rumex acetosella	-	-	-	-	-	-	-
Viola canina	-	-	-	-	-	-	-
Pimpinella saxifraga	-	-	-	-	-	-	-
Silene nutans	-	-	-	-	-	-	-
Galium hircynicum	-	-	-	-	-	-	-
Arnica montana	-	-	-	-	-	-	-
Genista anglica	-	-	-	-	-	-	-
Calluna vulgaris	-	-	-	-	-	-	-
Vaccinium myrtillus	-	-	-	-	-	-	-
Senecio fuchsii	-	-	-	-	-	-	-
Deschampsia flexuosa	-	-	-	-	-	-	-
Achillea millefolium	-	-	-	-	-	-	-
Holcus mollis	-	-	-	-	-	-	-
Campanula rotundifolia	-	-	-	-	-	-	-
Anthoxanthum odoratum	-	-	-	-	-	-	-
Carex pilulifera	-	-	-	-	-	-	-
Pleurozium schreberi	-	-	-	-	-	-	-
Hylocomium splendens	-	-	-	-	-	-	-
Rhynchospora squarrosa	-	-	-	-	-	-	-

($\alpha = 0,001$), drei Arten (*Cuscuta epithymum*, *Teucrium scorodonia*, *Hypericum perforatum*) eine signifikante ($\alpha = 0,01$) und zwei Arten (*Plantago lanceolata*, *Galium pumilum*) eine schwach signifikante ($\alpha = 0,05$) Veränderung (*Galium pumilum*: Abnahme, alle anderen: Zunahme).

t-Test: Der t-Test ist optimal, wenn die Daten normalverteilt sind. Dies kann bei uns nicht vorausgesetzt werden. Doch ist bekannt, daß der t-Test sehr „robust“ ist, d.h. in einem weiten Bereich wenig empfindlich gegen Nichtnormalität. Bei Simulationsstudien mit einer sehr schiefen Verteilung und einem Kontrastbeispiel von einfacher Standardabweichung lag die Schärfe des U-Tests bei 72%, hingegen die des t-Tests bei 75% (BAMMERT & WALTER 1969 und unpubl. Tab.). Für unser Beispiel (Tab. 2) zeigen sich bei 6 Arten andere Ergebnisse im t-Test als im U-Test: dreimal schwache Signifikanz, wo der U-Test nichts zeigt (*Fragaria vesca*, *Agrostis capillaris*, *Luzula campestris*), zweimal schwache Signifikanz, wo der U-Test Signifikanz zu $\alpha = 0,01$ ergab (*Cuscuta epithymum*, *Hypericum perforatum*), eine hohe Signifikanz, wo der U-Test nur $\alpha = 0,01$ lieferte (*Teucrium scorodonia*).

Zusammenfassend ist festzustellen, daß bei einem Vegetationsvergleich, bei dem Daten von einer nur geringen Zahl von Nicht-Dauerflächen vorliegen, in qualitativer Hinsicht der „exakte Vorzeichentest nach FISHER“, in quantitativer Hinsicht der t-Test am geeignetsten ist. Der U-Test ist durch zahlreiche Bindungen, auch wenn es zu einer Formelkorrektur kommt, mit Unsicherheiten behaftet.

1.2 Paarige Stichproben

Wenn, wie in unserem Beispiel, verbundene Stichproben vorliegen, die auf „Quasi-Dauerflächen“ erhoben wurden, kann ein paariger Test durchgeführt werden. Hierdurch wird der zufällige Fehler erheblich herabgesetzt; das statistische Verfahren ist, da die Streuung vermindert wird, wesentlich genauer als bei unpaarigen Stichproben. Außer dem Mediantest haben die obigen Tests jeweils ihr paariges Analogon in den folgenden Verfahren:

Vorzeichen-Test für paarige Stichproben (analog zum Vierfelder-Test): Die Differenzen werden nur hinsichtlich ihres Vorzeichens ausgewertet. Differenzen des Wertes Null werden weggelassen, da ihnen kein eindeutiges Vorzeichen zukommt. Dies verringert die Besetzungszahlen gegenüber dem Stichprobenumfang oft so weit, daß keine Signifikanz mehr möglich ist. Dadurch wird das Testniveau schlecht ausgenutzt und die Schärfe verringert. In unserem Beispiel ergeben sich 2 signifikante und 6 schwach signifikante Ergebnisse (Tab. 2).

Paariger Wilcoxon-Test: Auch bei diesem Test werden wie beim obigen Nullen weggelassen, da ihnen kein eindeutiges Vorzeichen zukommt. In unserem Beispiel zeigen dieselben 8 Arten wie beim Vorzeichen-Test signifikante Ergebnisse, bei 4 Arten ist die Signifikanz um eine Stufe erhöht (Tab. 2).

Paariger t-Test: Die Bemerkungen über Normalverteilung und Robustheit beim t-Test gelten entsprechend im paarigen Fall. Im Vergleich zum Vorzeichen- und Wilcoxon-Test liefert der paarige t-Test in unserem Beispiel 3 (schwach) signifikante Ergebnisse mehr (*Plantago lanceolata*, *Polygala vulgaris*, *Luzula campestris*). Bei einer Art (*Festuca nigrescens*) zeigt sich keine signifikante Veränderung, obwohl Vorzeichen- und Wilcoxon-Test übereinstimmend eine solche angezeigt haben. Der Grund ist in der ausgeprägten Schiefe der Verteilung der Differenzen bei gerade dieser Art zu suchen. Die Schiefe ist auf das Vorkommen der Art vor allem im oberen Teil der Fläche, wo sie überall stark abgenommen hat, zurückzuführen (d *Festuco-Genistetum trifoliosum*).

1.3 Vergleichende Betrachtung nichtpaariger und paariger Tests

Wenn möglich sollten Dauer- oder „Quasi“-Dauerflächen ausgewertet werden, die einen paarigen Test erlauben. Daß bei den unverbundenen Stichproben in unserem Falle kaum Signifikanzen verlorengingen, war eher Zufall. Die Tendenz zeigt sich bei der Betrachtung einiger Überschreitungswahrscheinlichkeiten des t-Tests, d.h. der hypothetischen Irrtumswahrscheinlichkeit für den Fall, daß man bei der vorliegenden Stichprobe gerade noch gegen die Null-Hypothese entscheidet. Zufällig führt die Abnahme von α nie unter die Schwelle von 5%:

	α unpaarig	α paarig
Calluna vulgaris (Zunahme)	70%	15%
Galium hircynicum (Zunahme)	40%	7%
Genista anglica (Abnahme)	90%	24%
Festuca nigrescens (Abnahme)	42%	5,7%

Bei *Festuca nigrescens* muß man einen solchen Fall sehen. Nur die paarigen Tests „entdecken“ hier die Veränderung, der paarige t-Test verfehlt die 5%-Schwelle nur knapp.

Nur wenn keine gut zuordbaren Probeflächen möglich sind, kommen die Tests für unverbundene Stichproben in Frage. Vierfeldertest (unverbunden) und Vorzeichen-test (paarig) wer-ten nur Stetigkeitsdaten aus. Die Information der Artmächtigkeit bleibt unberücksichtigt.

Unter den paarigen Tests leiden Vorzeichen- und Wilcoxon-Test stark unter der Reduktion der Besetzungszahlen durch die Nullen. Somit bleibt der t-Test relativ der empfehlenswerteste. Sein Schärfeverlust durch Nichtnormalität wirkt sich erst bei extrem schiefen Verteilungen aus. In solchen Fällen bleiben Vorzeichen- und Wilcoxon-Test.

Die Tatsache, daß pflanzensoziologische Daten in großen Stufen diskretisiert sind, wirkt sich auf die Testwahl gravierender aus als die Nichtnormalität der Verteilungen.

Auf die Fragen des Streuungsvergleichs wurde nicht eingegangen, da dieser nur bei unverbundenen Stichproben wichtig wird. Schließlich muß betont werden, daß das Ausprobieren mehrerer Testverfahren am selben Material, wie es von uns geübt wurde, nur der Methodendiskussion dient. Auf keinen Fall sind mehrfache Tests und Auswahl des genehmsten Ergebnisses eine zulässige Auswertungsmethode. Mehrfache Tests verpflichten stets zur vergleichenden Diskussion und Mitteilung aller Ergebnisse.

Obwohl wir im folgenden die Ergebnisse des paarigen t-Tests zugrunde legen, weisen wir jedoch aus den oben dargelegten Gründen auf die abweichenden Ergebnisse für *Festuca nigrescens* nach paarigem Vorzeichen- und paarigem U-Test hin.

2. Grenzen statistischer Methoden

Der Rangtest für unabhängige Stichproben wurde z.B. von WILMANN'S & BOGENRIEDER (1986) mit ökologisch gut begründbaren Ergebnissen für die Kaiserstühler Wälder eingesetzt. Unschärfen, die bei der Anwendung des Rangtests für unabhängige Stichproben auftreten, wurden bereits diskutiert. In diesem Falle lagen jedoch günstige Voraussetzungen vor: große Vegetationsveränderungen, relativ gute örtliche Zuordbarkeit der Vergleichsaufnahmen durch geringe Waldbedeckung und Bindung von Vegetationstypen an spezifisches geologisches Substrat (z.B. *Carici-Fagetum* an Löß) sowie größeres Aufnahmematerial für die dominanten Waldgesellschaften (n = 12–17).

Problematischer werden Vergleiche in weniger gut abgrenzbaren, großflächigen und standörtlich differenzierten Gebieten, zumal wenn nur geringe Aufnahmemengen zur Verfügung stehen. So stellte z.B. BÜRGER (1988) beim Vergleich aktueller Aufnahmen (n = 5) mit Aufnahmen des Jahres 1972 (SCHUHWERK, publ. 1988) für das submontane *Luzulo-Fagetum* des Hotzenwaldes eine Zunahme von *Acer pseudoplatanus*-Jungwuchs von 9% auf 80% und gleichzeitig eine Abnahme von *Calluna* von 36% auf 0 fest. Es liegt nahe, daß in einem solchen Fall standörtliche Differenzen in den Vergleich der nicht genau lokalisierbaren Aufnahmen eingegangen sind, die eine statistische Behandlung verbieten.

Ergebnisse und ihre biologische Interpretation

In Tab. 3 werden die nach dem paarigen t-Test gesicherten Ergebnisse zusammengefaßt. Bevor sie biologisch interpretiert werden, ist zu berücksichtigen, daß die Fläche im Jahre 1977 bereits 17 Jahre brach lag und eine Reihe von Brachezeigern enthielt. So hatte z.B. die von SCHIEFER (1981) als Brachegras bezeichnete *Deschampsia flexuosa* 1977 schon große Populationen aufgebaut. Die Zunahme von *Deschampsia flexuosa* bei Brachlegung und die Abnahme bei Wiederbeweidung kann durch aktualistische Vergleiche und Dauerquadrat-Untersuchungen z.B. im mittleren Schwarzwald belegt werden (SCHWABE 1989). Wie die Ergebnisse im Weidfeld Flüh zeigen, sind die Populationen jedoch nach knapp 20 Jahren Brache relativ stabil.

Tab. 3: Arten, die nach dem paarigen t-Test zu- bzw. abgenommen haben, unter Angabe des Signifikanz-Niveaus (s. dazu Tab. 2), ihres soziologischen Schwerpunktes im Schwarzwald, der Fähigkeit zum Polykormonwachstum sowie Lebensformen und Areal (Abkürzungen nach OBERDORFER 1983).

Zunahme nach paarigem t-Test:			
Sippe	soziol. Schwerp. mont. Schwarzw.	Polykormonwachstum?	Lebensform, Areal
<i>Teucrium scorodonia</i> ***	nährstoffarme Saumges., Brachten, lichte Eichenwälder	unterirdische Ausläufer	H, subatl (wsmcd)
<i>Potentilla erecta</i> ***	Borstgrasrasen, magere Feuchtwiesen, lichte Eichenwälder, Brachen	Rhizom	H, no-uras-subocean
<i>Agrostis capillaris</i> *	nährstoffarme Saumgesellschaften, Magerrasen, Brachen	unterird. u. oberird. Ausläufer, Rhizom	H, no-uras-subocean
<i>Hypericum perforatum</i> *	Saumges., Brachen, Schlagfluren	oberird. Ausläufer, Rhizom	H, eurassubocean-smed
<i>Fragaria vesca</i> *	Schlagfluren, Saumges., Brachen	oberird. Ausläufer	H, no-uras (subocean)
<i>Cuscuta epithymum</i> * (Fluktuation!)	montane Borstgrasrasen	nein	T, eurassubocean-smed
Abnahme nach paarigem t-Test:			
<i>Galium pumilum</i> *	montane Borstgrasrasen	nein	H, subatl (-smed)
<i>Polygala vulgaris</i> *	montane Borstgrasrasen	nein	H (Ch), subatl (-smed)
<i>Luzula campestris</i> *	mageres Wirtschaftsgrünland, Borstgrasrasen	sehr kurze Ausläufer	H, eurass (subocean), circ
<i>Plantago lanceolata</i> *	Wirtschaftsgrünland	nein	H, eurass, subocean
<i>Festuca nigrescens</i> ¹⁾ (**)	Borstgrasrasen, magere Wiesen	nein	H, no (subocean)

1) Abnahme nur nach paar. Wilcoxon- und paarigem Vorzeichen-Test wegen extrem schiefer Verteilung, s. Text

Unter den Gräsern nahm nur die Ausläufer- und Rhizom-bildende Art *Agrostis capillaris* zu (in der Dauerfläche auch *Holcus mollis*). Beide Arten haben im Südschwarzwald ihren soziologischen Schwerpunkt in nährstoffarmen Saumgesellschaften (*Agrostis capillaris*-*Holcus mollis*-Ges. Schuhwerk 1988; s. OBERDORFER 1978, II), in Brachen und lichten Eichen-Birken-Wäldchen.

Auch die dikotylen Arten, die zugenommen haben (außer *Cuscuta epithymum*, s.u.), besitzen effektive Strategien zur vegetativen Fortpflanzung, so z.B. *Fragaria vesca* mit oberirdischen Ausläufern und *Teucrium scorodonia* mit Ausläuferbildung (s. SCHWABE-BRAUN 1983, Photo 4). *Potentilla erecta* vermag sich zudem in Brachen an Stützen als Spreizklimmer hochzuhangeln. *Potentilla erecta*- und *Hypericum perforatum*-Keimlinge wurden am 16.11.1988 mehrfach auf Ameisen-Erdhügeln gefunden.

Ein einziger Klon von *Teucrium scorodonia* kann, auch nach den Angaben von HUTCHINSON (1957), mehrere Quadratmeter bedecken. So ist es möglich, daß die bis zu 7 m² großen *Teucrium scorodonia*-Fazies im Weidfeld Flüh auf die Erstansiedlung eines Individuums zurückgehen. Alle Arten mit Zunahme fehlen auch extensiv bewirtschafteten Flügelginster-Weiden nicht; sie besiedeln z.B. Gebüschränder, so daß sie nicht einwandern mußten.

Signifikante Abnahmen sind bei *Galium pumilum*, *Polygala vulgaris*, *Luzula campestris* und *Plantago lanceolata* festzustellen. Eine Abnahme von *Festuca nigrescens* läßt sich nur nach dem paarigen Vorzeichen- und Wilcoxon-Test belegen (s.o.).

Das schmalblättrige *Galium pumilum* hat einen Schwerpunkt in lückigen Flügelginster-Weiden und keine effektive vegetative Vermehrung, so daß sich die Pflanze in Brachen vor allem in jüngeren Stadien oder an noch lückigen Stellen hält; die niedrigwüchsigen Magerkeitszeiger *Polygala vulgaris* und *Luzula campestris* können sich im dichten, hochwüchsigen Rasen der Brache nicht mehr halten, ebensowenig wie die Rosettenpflanze *Plantago lanceolata*.

Der Rückgang von *Festuca nigrescens* in Brachen konnte von SCHREIBER (1986) mehrfach für Brachen des *Festuco-Genistetum trifolietosum* festgestellt werden; auf der anderen Seite wird die Pflanze durch Beweidung gefördert (SCHWABE 1989). Das schlechte Beharrungsvermögen und der Rückgang von *Festuca* in Brachen läßt sich im Zusammenhang mit der Wuchsform (keine Rhizombildung, Horstwuchs) interpretieren.

Eine besonders bezeichnende Art der Brache, *Teucrium scorodonia*, markiert einen subatlantisch getönten Verbrachungstyp. Sie fehlt den hochmontanen Borstgrasrasen, so daß hier

Tab. 4: Vergleich von Zu- und Abnahme von Arten in der Dauerfläche mit den Daten, die über den statistischen Vergleich von Aufnahmen im gesamten Weidfeld gewonnen wurden (nach paarigem t-Test).

Verhalten in der Dauerfläche Zunahme Abnahme	Sippe	Verhalten d.Arten im Aufn.kollektiv	
		Zunahme Stetigk. mittl.Deckg.	Abnahme Stetigk. m.Deckg
•	<i>Teucrium scorodonia</i>	•	•
•	<i>Potentilla erecta</i>	gleich	•
•	<i>Agrostis capillaris</i>	gleich	•
•	<i>Holcus mollis</i>	gleich	gleich
•	<i>Galium hircynicum</i>	gleich	gleich
nicht vorh.	<i>Fragaria vesca</i>	•	•
nicht vorh.	<i>Hypericum perforatum</i>	•	•
nicht vorh.	<i>Cuscuta epithimum</i>	•	gleich
o	<i>Galium pumilum</i>		o o
o	<i>Polygala vulgaris</i>		o
o	<i>Festuca nigrescens</i> 1)		o o
gleich	<i>Luzula campestris</i>		o
nicht vorh.	<i>Plantago lanceolata</i>		o

1) · Abnahme nur nach paar.Wilcoxon- und paarigem Vorzeichen-Test, s.Tab.2,3

schon aufgrund ihres Fehlens mit anderen Reaktionsmustern zu rechnen ist (SCHWABE 1989, WILMANN, in Vorber.)

Insgesamt 52 Arten der Vegetationstabelle Weidfeld Flüh (von 62, ohne die hier nicht betrachteten Gehölze) konnten ihre Populationen halten oder sind zu selten, als daß signifikante Unterschiede festgestellt werden könnten. Die Gesamt-Artenzahlen und die Deckungswerte von Kraut- und Mooschicht haben sich im Vergleich der Jahre signifikant nicht verändert.

Bemerkenswert ist, daß in vielen Fällen die signifikanten Änderungen des Kollektivs gleichsinnig jeweils für die Dauerfläche aufgezeigt werden können (mit wenigen Ausnahmen dort nicht vorkommender Arten und von *Holcus mollis*, wo im Gesamtkollektiv auch einmal eine Abnahme (Polykormonüberalterung?) festgestellt werden konnte, s. Tab. 4). Der für die Sukzession offenbar entscheidende Prozeß, die Verdichtung von Gebüschkernen (Abb. 2a, b; 3a, b), soll in einem gesonderten Kapitel (s.u.) behandelt werden.

Lückige Stellen, die vorwiegend an Südhängen auch in Brachen beobachtbar sind und durch verstärkte Kammeisbildung im Frühjahr entstehen, treten in der NW-Lage des Weidfeldes Flüh kaum auf. Lückige Stellen sind in der unmittelbaren Umgebung von kleinen Felspartien mit *Silene rupestris* vorhanden und an flachgründigen Stellen mit zutage tretenden Steinrasseln. Auf diesen kleinflächig eingestreuten Steinrasseln liegen auch die Ausgangspopulationen von *Teucrium scorodonia*, das – wie aktualistische Vergleiche zeigen – genau wie *Fragaria vesca* auch in beweideten Flügelginster-Weiden hier zu finden ist.

Lückige Stellen entstehen kleinflächig im Weidfeld Flüh immer wieder durch die Bautätigkeit der Ameisen; dies führt dazu, daß sich z.B. *Thymus pulegioides* und *Veronica officinalis* halten konnten (auch in der Dauerfläche). Solche Stellen bieten auch Startmöglichkeiten für *Senecio fuchsii*, mit dessen weiterer Ausbreitung in den nächsten Jahren zu rechnen ist (s.u.).

Auf Einfluß von Ameisen (z.B. *Lasius*-Arten) auf die Vegetationsdynamik in Brachen weisen auch SCHREIBER & SCHIEFER (1985) hin.

Außerdem entstehen Erdanrisse und somit Keimplätze durch die Wühlstätigkeit von Mäusen. So konnten am 16.11.1988 im Randbereich von Wühlmaus-Löchern Keimlinge von *Rumex acetosella*, *Veronica officinalis*, *V. chamaedrys*, ein *Picea*-Keimling und sogar eine Keimpflanze des seltenen und im weiteren Gebiet die Ostgrenze erreichenden *Ornithopus perpusillus* gefunden werden (Vegetationsdeckung einer 10 × 10 cm großen offenen Wühlmausstelle am 16.11.1988: *Rumex acetosella* Kmlg. 10%, *Carex pilulifera* Kmlg. 8%, *Ornithopus perpusillus* Kmlg. < 1%, *Ceratodon purpureus* 2%).

Entwicklung der *Cuscuta epithimum*-Populationen als Beispiel für Fluktuationsprozesse

In den Jahren 1976, 1977 kam *Cuscuta epithimum* jeweils nur an einer Stelle vor; 1987 traten jedoch große *Cuscuta*-Populationen auf, die, um ihre weitere Entwicklung zu verfolgen, zusammen mit ihrer Wirtspflanze mit farbigem Draht markiert wurden (Tab. 5). Auf einer 90 m breiten Fläche konnten 13 Kontrollstreifen von je 10 m Breite angelegt werden (620–690 m

Tab. 5: *Cuscuta epithymum*-Fundpunkte (Wuchs„flecken“ von 1 m²) in den Jahren 1976/77 und 1987/88.

Cuscuta epithymum-Fundpunkte im Banngebiet Flüh

Jahr		1976	1977	1987	1988
Kontrollstreifen					
1	690 m ü.M.	-	-	14	4
2		-	-	14	1
3		-	-	11	-
4		-	-	12	1
5		-	-	17	1
6		-	-	11	-
7		-	-	15	-
8		-	-	18	-
9		-	-	3	-
10		-	-	11	-
11		-	-	4	-
12		1	1	2	-
13	620 m ü.M.	-	-	5	-
Summe		1	1	137	7

ü.M.). Innerhalb dieser Kontrollstreifen wurden 137 *Cuscuta*-Wuchs„flecken“ von maximal 1 × 1 m Größe gefunden und 160 Wirtspflanzen markiert. Die Wirtspflanzen verteilten sich wie folgt: *Genista sagittalis* 47,5%, *G. anglica* 20%, *Teucrium scorodonia* 25% (sonstige, darunter *Thymus pulegioides* und *Achilles millefolium* 7,5%). Insgesamt ließen sich bisher 90 Wirtspflanzen-Sippen für *Cuscuta epithymum* nachweisen (KUIJT 1969).

Eine Kontrolle der markierten Pflanzen im Jahre 1988 zeigte einen Rückgang um 95%; nur 7 der markierten Fundpunkte fanden sich jeweils in Nähe der alten Fundstelle (\pm 40 cm) wieder, jedoch nicht genau an derselben Stelle, womit auch eine Zweijährigkeit, die in der Literatur für manche Populationen angegeben wird, für unser Gebiet nicht bestätigt werden kann. Alle *Cuscuta*-Pflanzen starben im Laufe des Winters vollständig ab und überdauerten als Same. Offenbar können diese in der Samenbank lange ausharren (bei *Cuscuta epithymum* ssp. *trifolii* nachweisbar 8 Jahre; KUIJT l.c.). Das explosionsartige Auftreten im Jahre 1987 spricht für ein Samenbank-Vorkommen im gesamten Weidfeld, das wahrscheinlich mehr als 10 Jahre die Keimfähigkeit behält. Als Grund für die starke Förderung im Jahre 1987 kann der feuchte Sommer angenommen werden; zwischen Keimung und Erreichen der Wirtspflanze ist *Cuscuta* sehr empfindlich gegen Austrocknung (KUIJT l.c.). Auch der subatlantisch verbreitete *Ornithopus perpusillus* bildete 1987 Massenbestände.

Die Entwicklung der *Cuscuta*-Populationen (Tab. 5) ist ein typisches Beispiel für eine Fluktuation im Sinne von RABOTNOV (1974). Zudem ist bemerkenswert, daß es einem (allerdings parasitischen) Therophyten gelingt, in einer fast 30 Jahre alten Brache an 137 verschiedenen Stellen und mit 160 Individuen zu einem Keimerfolg zu kommen.

Entwicklung neuer Vegetationstypen, die in den Jahren 1976/77 fehlten

1. Saumgesellschaften in der offenen Weidfeld-Fläche (Tab. 6)

Hier fand im wesentlichen eine Vergrößerung der *Teucrium scorodonia*-Populationen statt; der Vegetationstyp der versaumten Flügelginster-Weide hat sich in den letzten 12 Jahren (auch durch den weiteren Ausfall der *Violion*-Arten *Galium pumilum* und *Polygala vulgaris*) etabliert. Erwähnenswert ist ein gegenüber 1977 stark vergrößertes *Centaurea nemoralis*-Vorkommen unterhalb der Dauerfläche. Damals handelte es sich um einige wenige Einzelpflanzen, heute entspricht der Bestand in der Artenzusammensetzung dem von Th. MÜLLER (1962) beschriebenen *Teucrio-Centaureetum nemoralis* (Tab. 6, Aufn. 1).

Tab. 6: Neue Saum- und Gebüsch-Vegetationstypen, die 1976/77 noch nicht vorkamen.

● Art mit Zunahme im Weidfeld 1976–1987; Artenzahlen ohne epiphytische Flechten.

	1	2	3	4	5	6	7
Laufende Nr.	1	2	3	4	5	6	7
Strauchsch. (%)	.	90	70	80	70	80	70
Deckg. Krautsch. (%)	95	20	70	80	70	60	50
Moosch. (%)	10	10	20	20	40	20	20
Höhe ü.M.	640	690	660	680	670	670	660
Exposition	NW	NW	NW	NW	NW	W	W
Neigung (°)	3	30	20	25	25	25	25
Flächengröße (m ²)	7	6	6	30	30	30	20
Artenzahl	11	9	9	14	16	14	12
Ch1 <i>Centaurea nemoralis</i>	3.3	.	.	.	.	.	.
Ch2 <i>Rubus canescens</i>	.	5.4	4.4	.	.	.	.
Ch, <i>Crataegus monogyna</i>	.	.	.	4.4	4.4	5.5	4.4
D3 <i>Rosa canina</i>	.	.	.	+	+	2a.2	.
<i>Prunus spinosa</i>	.	.	.	.	.	.	2a.2
Sonst. aufkommende Gehölze:							
<i>Quercus petraea</i>	.	.	.	+	.	.	.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	.	.	.	+	.	.	.
<i>Sorbus aucuparia</i>	.	.	.	.	+	.	.
<i>Frangula alnus</i>	.	.	.	.	.	+	.
Krautige:							
● <i>Agrostis capillaris</i>	2m.2	2m.2	.	2a.2	2b.2	2a.2	2a.2
<i>Holcus mollis</i>	3.3	2m.2	2a.2	2a.2	.	2a.2	2m.2
<i>Deschampsia flexuosa</i>	2a.2	1.2	.	2a.2	2a.2	2a.2	1.2
● <i>Teucrium scorodonia</i>	1.2	2b.2	2a.2	.	2a.2	.	2a.2
<i>Vaccinium myrtillus</i>	.	1.2	3.3	+	.	2a.2	2b.2
● <i>Potentilla erecta</i>	.	.	2m.2	2m.2	2m.2	2m.2	2m.2
<i>Senecio fuchsii</i>	.	.	2a.2	2a.2	1.2	1.2	2a.2
● <i>Fragaria vesca</i>	.	.	.	2a.2	2m.2	2a.2	1.2
<i>Veronica chamaedrys</i>	2m.2	.	.	.	+	.	1.1
<i>Calluna vulgaris</i>	.	.	1.2	1.2	.	1.2	.
<i>Achillea millefolium</i>	2m.2	.	.	.	2m.2	.	.
<i>Viola canina</i>	1.2	.	.	.	.	+	.
<i>Galium saxatile</i>	1.2	.	.	.	.	.	.
<i>Pimpinella saxifraga</i>	+	.	.	.	.	.	.
<i>Campanula rotundifolia</i>	.	+	.	.	.	.	.
<i>Genista anglica</i>	.	.	+	.	.	.	.
<i>Galeopsis tetrahit</i>	.	.	.	2a.2	.	.	.
<i>Stellaria graminea</i>	.	.	.	.	2m.2	.	.
<i>Platanthera bifolia</i>	.	.	.	.	+	.	.
<i>Knautia arvensis</i>	.	.	.	.	+	.	.
<i>Viola cf. riviniana</i>	.	.	.	.	+	.	.
<i>Arnica montana</i>	.	.	.	.	+	.	.
<i>Linaria vulgaris</i>	.	.	.	.	.	+	.
● <i>Hypericum perforatum</i>	.	.	.	.	.	.	1.1
Moose:							
<i>Pleurozium schreberi</i>	.	2a	2b	2b	.	2b	.
<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>	2b	.	.	.	.	.	.
<i>Brachythecium albicans</i>	.	2m	.	.	.	.	.
Epiphyten a. <i>Crataegus/Prunus</i> sp.:							
<i>Hypogymnia physodes</i>	.	.	.	cop	cop	.	cop
<i>Evernia prunastri</i>	.	.	.	v	v	.	.
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	.	.	.	v	.	.	v
<i>Usnea spec.</i>	.	.	.	2Ex.	.	.	v

2. Gebüsch-Vegetationstypen, insbesondere Gebüschkerne (Tab. 6)

An wenigen mit Steinen durchsetzten Stellen hat sich als neuer Vegetationstyp ein *Rubus canescens*-Vormantel (Vormantel = kurzlebige Scheinstrauch-Gesellschaft; s. SCHWABE-BRAUN 1980) eingestellt. *Rubus canescens* ist eine wärmeliebende, submediterrane (mediterrane) verbreitete Sippe und hat den Schwerpunkt ihres Vorkommens im Schwarzwald auf S-exponierten Weidfeld-Steilhängen des Wiesetals bis etwa 1000 m ü.M. Die endoornithochore



Abb. 2a: Teil des Weidfeldes „Flüh“ im Jahre 1976 mit einzelnen *Crataegus monogyna*-Büschen u.a. Im Hintergrund: Weidbuche (*Fagus sylvatica*).
 2b: Dieselbe Stelle im Jahre 1988 (rechts): es ist zu Verdichtungen der Gebüsche gekommen (im Vordergrund: *Carpinus betulus* links, *Crataegus monogyna* rechts; die Steinrasseln im Vordergrund wurden größtenteils überwachsen).

Ausbreitung dieser Sippe aus umgebenden S-exponierten Weidfeldern ist leicht vorstellbar. Die Krautschicht dieser bis maximal 6 m² großen Bestände wird durch Saumpflanzen (*Tenacrium scorodonia*, *Holcus mollis*) und – in den Spalten von kleinen Steinblöcken wurzelnd – *Vaccinium myrtillus* geprägt.

Einige bis 30 m² große, dicht schließende Gebüsche vom Typ eines artenarmen *Pruno-Ligustrum* haben sich in den letzten 12 Jahren als neue Vegetationstypen gebildet (Abb. 2a, b; 3a, b). Aufbauende Gehölze sind *Crataegus monogyna* und seltener *Prunus spinosa*, letztere leidet unter Rehwildbiß. Beide Arten sind besonders an überalterten und absterbenden Zweigen üppig mit *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri* und *Pseudevernia furfuracea* besetzt. Auch einige vitale, allerdings nur maximal 5 cm lange *Usnea*-Thalli konnten gefunden werden.

Bemerkenswert ist, daß in diesen Gebüschchen – unbeeinflusst durch Wildverbiß – unbeherrschte Waldbäume hochkommen, so z.B. *Acer pseudoplatanus*, *Quercus petraea* und *Prunus avium*. Bei *Acer pseudoplatanus* können verschiedene Altersstadien von der Jungpflanze bis zum durchstoßenden jungen Baum mit stark schattender Krone beobachtet werden. KÜPERS (1984, 1987) wies an *Acer campestre* nach, daß dieser über eine perfekte Strategie verfügt, durch Stammbildung und Besetzung eines großen Kronenraumes die Konkurrenten, z.B. *Crataegus*, zu beschatten (s. auch SCHWABE 1988).

Die Krautschicht der *Crataegus*-Gebüschchen ist durch Reichtum an Saumarten und hohe Stetigkeit der Schlagpflanzen *Senecio fuchsii* und *Fragaria vesca* gekennzeichnet. Insbesondere *Senecio fuchsii* baut in den Gebüschchen größere Populationen auf, und einigen Diasporen gelingt es auch, im offenen Weidfeld zur Keimung zu kommen. *Senecio* „startet“ innerhalb der Gebüschchen oft direkt im unmittelbaren und wenig mit Krautschicht bewachsenen Stammfuß-Bereich von *Crataegus* oder *Prunus spinosa*.

Ein besonders hervorzuhebendes Ergebnis ist, daß Arten, die im Weidfeld ihre Mengenanteile vergrößern konnten, in den Gebüschchen hohe Stetigkeit und Menge erreichen. Nur *Hypericum*



Abb. 3a: Mit *Crataegus monogyna* durchsetzter Teil des *Festuco-Genistetum sagittalis* im oberen Teil der Untersuchungsfläche im Jahre 1976.



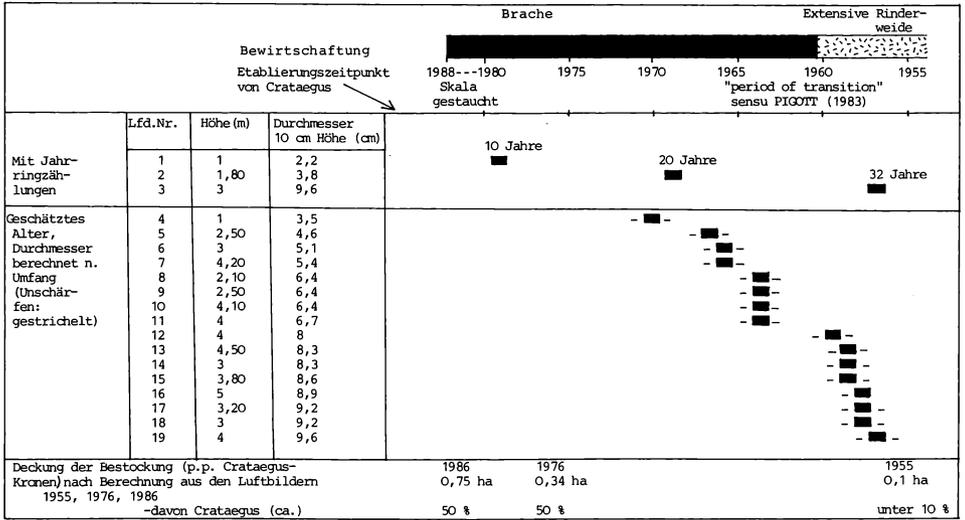
3b: Dieselbe Stelle im Jahre 1988 (unten): es haben sich vor allem durch Kronenzuwachs Gebüsche vom Typ eines artenarmen *Pruno-Ligustretum* gebildet (s. Tab. 6).

perforatum weist geringe Stetigkeit auf. Arten, die im Weidfeld in den letzten 12 Jahren abgenommen haben, treten auch in den Gebüschern nicht auf.

Die Bedeutung der anfallenden Laubstreu, die im November auf die umgebende Rasenvegetation fällt und relativ rasch bis zum nächsten Jahr mineralisiert wird, ist für die Sukzessionsvorgänge offenbar gering. Es konnten hier weder absterbende Pflanzen des Rasens, noch sich neu ansiedelnde Nährstoffzeiger, noch Keimlinge, die durch das sich zersetzende Laub begünstigt würden, beobachtet werden.

Die Kronendeckung durch Gehölze in der 4 ha großen Weidfeld-Fläche betrug nach der Luftbild-Auswertung im Jahre 1955: 0,1 ha (einige Weidbäume, z.B. heute noch lebende *Fagus sylvatica*- und *Acer platanoides*-Individuen, Gebüsche vorwiegend am Rande gut im Luftbild erkennbarer, heute überwachsender Steinrasseln); 1976: 0,34 ha und 1986: 0,75 ha (Tab. 7).

Tab. 7: Zeitpunkte der Etablierung von *Crataegus monogyna*-Büscheln im Weidfeld „Flüh“ (Nr. 1–19) in Beziehung zur ehemaligen Bewirtschaftung. (Weitere Erläuterungen s. Text.)



Jahring-Analysen und Umfangmessungen der *Crataegus*-Büschel im Jahre 1989 (Januar) zeigten (jedoch mit Unschärfen, die Schlüssen von Umfangmessungen auf Alter trotz Eichung durch verschiedene Jahrring-Zählungen anhaften), daß die Weißdorn-Büschel größtenteils aus der „period of transition“ (PIGOTT 1983) zwischen sehr extensiver Weide und junger Brache stammen – einige Beispiele zeigt die Tab. 7. Der hier schwerpunktmäßig auftretenden Altersklassen zwischen 23 und 32 Jahren gehören 80% der *Crataegus*-Sträucher des Weidfeldes an. Einzelne noch kleinwüchsige Individuen des relativ verbißfesten Strauches waren sicherlich schon 1955 vorhanden und konnten sich in der noch lückigen jungen Brache etablieren. Sie sind im Luftbild aus dem Jahre 1955 nicht erkennbar. In den letzten beiden Jahrzehnten kam es nur sehr spärlich zu Neuansiedlungen von *Crataegus*; die Gebüsch verdichteten sich durch Kronenwachstum.

Zusammenfassende Bewertung der Sukzessionsprozesse

Insgesamt haben sich im Rasen nur feine infraphytocoenotische Umschichtungsprozesse abgespielt, die mit einem groben Stetigkeitsvergleich nicht faßbar sind. Alle Arten, die zugekommen haben, kommen mit Ausnahme von *Hypericum perforatum* auch mit hoher Stetigkeit in der Krautschicht von Gebüsch vor.

Vielfach können die jungen Sukzessionsprozesse mit dem von W. KRAUSE (1974) geprägten Ausdruck „Beharrungsvermögen grasartiger Bestände“ als Reaktionstyp beschrieben werden. Dies führt wegen fehlender Keimmöglichkeiten zu einer Verzögerung der Gehölzsukzession durch rein biotische Wirkungen, ein Phänomen, das von KNAPP (1979) als „retardierte Sukzession“ beschrieben wurde.

Ob auch der Wildverbiß auf die Sukzession retardierend wirkt, kann zwar nicht ganz ausgeschlossen werden, doch zeigen sich Spuren von Rehwild- und Hasenverbiß (mit Losung) im Untersuchungsgebiet vorwiegend in Muldenlagen, und es sind hier keine andersartigen Sukzessionsprozesse feststellbar als an den weniger geschätzten Hanglagen, denen Verbißspuren (auch bei nach KLÖTZLI 1965 sehr beliebten Arten wie z.B. *Rubus fruticosus* agg.) z.T. völlig fehlen.

Folgende Reaktionsmuster in der Brache können festgestellt werden:

- Beharrungsvermögen (im Sinne von KRAUSE 1974) und Vergrößerung grasartiger Bestände und/oder von Staudenfluren: retardierte Gehölzsukzession;
- Vergrößerung von Gebüschkernen durch Kronenwachstum (*Crataegus*), vegetative Vermehrung (*Prunus spinosa*) und Aufwuchs unbewehrter Arten in den Dorngebüsch (*Acer pseudo-platanus*, *Prunus avium*);
- kleinflächig immer wieder Entstehung von offenen Standorten durch Tätigkeit von Wühlmäusen und/oder Ameisen und Keimmöglichkeit z.B. auch für Gehölze wie *Picea abies*.

Vergleichende Berechnungen von Verteilungsmustern sommer-/winter-/immergrüner Arten und von ökologischen Zeigerwerten 1976–1987/88

Es wurden folgende Berechnungen durchgeführt (Angaben nach ELLENBERG 1979):

- a) Mittlere Deckungswerte sommergrüner im Vergleich zu immer-/wintergrünen Arten;
 - b) mittlere Lichtzahlen (qualitativer Vergleich);
 - c) mittlere N-Zahlen (qualitativer Vergleich).
- Aziditätszahlen konnten nicht berechnet werden, da für 25 Arten der Tab. 1 keine Angaben vorliegen.

zu a): Der mittlere Deckungsgrad der sommergrünen Arten betrug 1976: 18,8%, 1987: 19,3%, derjenige der immer- und wintergrünen Arten im Jahre 1976: 81,2% und 1987: 80,7%. Es zeigt sich hier – obwohl einige wintergrüne Arten nach dem statistischen Vergleich zugenommen haben – eine erstaunliche Konstanz des Verhältnisses.

zu b): Obwohl einige Saumpflanzen zugenommen haben, unterscheiden sich die mittleren Lichtzahlen nicht (1976: 6.9, 1987: 6.9; Standardabweichung 0.3 bzw. 0.2).

zu c): Die mittleren N-Werte liegen 1976 bei 2.8 und 1987 bei 2.9 (Standardabweichung 1976: 0.4, 1987: 0.3) und somit relativ niedrig. Schlüsse auf Veränderungen können nach den Berechnungen von BÖCKER et al. (1983) jedoch erst ab Veränderungen um 0.2 Einheiten gezogen werden. Die niedrige Zahl markiert nach den Berechnungen von Hermann ELLENBERG (1983, 1985) einen standörtlichen Bereich mit Schwerpunkt N-fliehender, gefährdeter Arten. Änderungen der N-Werte müßten sich gerade in diesem empfindlichen Bereich gut nachweisen lassen.

Es ist in den nächsten Jahren mit einer Zunahme von Schlagpflanzen zu rechnen, die nach den Angaben von ELLENBERG (1979) N-Werte von 6–8 haben (*Senecio fuchsii*, *Fragaria vesca*, *Galeopsis tetrahit*). Diese Zunahme wird auch zur Erhöhung der N-Zahlen führen, die sich mit einer Erhöhung um 0.1 Einheiten schon andeutet. Schlüsse daraus auf eventuelle Reaktionen der Phanerogamen-Vegetation auf N-Einträge sind jedoch gefährlich und in diesem Falle sicherlich falsch, da sich die von ELLENBERG (l.c.) ermittelten Zahlen (wenn sie nicht überhaupt kursiv gesetzt und damit unsicher sind) jeweils auf den „Optimalstandort“ der Pflanze beziehen. Darauf weisen auch BÖCKER et al. (1983) in ihrem methodischen Beitrag zum Gebrauch der Zeigerwerte hin.

Ein weiterer kritischer Punkt, die fehlende Regionalisierung der Zeigerwerte, der auch von BUCK-FEUCHT (1986) angesprochen wird, kann ebenfalls zu voreiligen Schlüssen führen. So liegt z.B. für den Schwarzwald die N-Zahl 7 für *Galeopsis tetrahit* recht hoch. Die Art ist im mittleren Schwarzwald u.a. sehr charakteristisch für *Sarothamnus* (N = 3)-*Digitalis purpurea* (N = 6)-Schläge. Sie fehlt auch nicht in dem Maße, wie BÜRGER (1988) dies angibt, in alten Schwarzwald-Aufnahmen, sondern erreicht im *Abieti-Fagetum festucetosum altissimae* von J.&M. BARTSCH (1940) eine Stetigkeit von 30%, im „*Fageto-Fraxinetum*“ der erwähnten Autoren von 25%. Auch den Tabellen von K. MÜLLER (1948) aus dem Feldberg-Gebiet und von BENZING (1956), Schwarzwald- Ostrand, ist die Art in armen Buchen-Tannen-Fichten-Wäldern immer wieder beigemischt und stellt sich bei Verlichtung schlagartig ein (so auch im *Luzulo-Fagetum* des Bannwald Flüh, SCHWABE-BRAUN 1977).

Schlüsse müssen hier – zumal bei einer so formenreichen Sippe – sehr vorsichtig gezogen werden.

Tab. 8: Eichen-Birken-Vorwald (*Luzulo-Quercetum petraeae*) am Rande des Weidfeldes. Vergleich 1976/
Kursiv: 1988.

Nr. 26, Forstl. Teilfläche 18, 16 m², Baumsch. 75%/ 80%, Strauchsch. -/ 2%,
 Krautsch. 70%/ 60%, Moossch./Flechtsch. 40%/ 50%,
 620 m ü.M., W exponiert, 20° Neigung.

Gehölze:

<i>Betula pendula</i>	B	4 / 4	<i>Deschampsia flexuosa</i>	4 / 3
<i>Fagus sylvatica</i>	B	(2a)/(2a)	<i>Genista sagittalis</i>	1 / +
	Str	. +	<i>Campanula rotundifolia</i>	+ .
<i>Carpinus betulus</i>	B	2a / 2a	<i>Carex pilulifera</i>	+ .
	K	+ .	<i>Vaccinium myrtillus</i>	. 1
<i>Corylus avellana</i>	Str	. +	Moose, Flechten:	
	K	+ .	<i>Pleurozium schreberi</i>	3 / 3
<i>Quercus robur</i>	K	+ .	<i>Dicranum scoparium</i>	1 / 1
<i>Acer platanoides</i>		+ .	<i>Hylocomium splendens</i>	1 / 3
<i>Picea abies</i>	Str	. +	<i>Hypnum cupressiforme</i>	1 / 1
	K	. +	<i>Cladonia arbuscula</i>	+ / +
<i>Abies alba</i>	Str	. +	<i>Cladonia cf. squamosa</i>	+ .
Krautige:			Artenzahl 1976: 18	
<i>Teucrium scorodonia</i>		1 / 2m	Artenzahl 1988: 16.	
<i>Holcus mollis</i>		+ / 1		

Gibt es Hinweise auf Änderungen der Vegetation aufgrund von Immissionseinflüssen?

Trotz durchschnittlicher N-Einträge von knapp 20 kg/ha/Jahr in Südwestdeutschland (PEF 1988) und verschiedener andersartiger Immissionen können bisher im Untersuchungsgebiet für den Zeitraum 1976–1988 weder über eine Zunahme von N-Zeigern oder Aziditätszeigern noch über ein Verschwinden Immissions-empfindlicher Arten immissions-bedingte Änderungen in der Weidfeld-Vegetation aufgezeigt werden.

Es wurden auch Kontroll-Aufnahmen in den Wald-Gesellschaften des Bannwaldes angefertigt; es liegen hier insgesamt etwa 60 Vegetationsaufnahmen aus dem Jahre 1976 vor (SCHWABE-BRAUN 1977). Eine Darstellung der Ergebnisse lohnt nicht, da kaum Veränderungen stattgefunden haben. Als Beispiel sei eine vergleichende Vorwald-Aufnahme, im Randbereich des Weidfeldes gelegen und gut lokalisierbar, angeführt, in der das als Immissions-empfindlich geltende Moos *Hylocomium splendens* sogar noch zugenommen hat und genau wie im Weidfeld gute Vitalität mit wüchsigen Jahresstockwerken zeigt (Tab. 8). Veränderungen in der Krautschicht zeigen sich offenbar vor allem in Wäldern mit „auskammernder Wirkung“ und in überdurchschnittlich belasteten Gebieten, so in der Oberrheinebene (Kaiserstuhl-Wälder, s. WILMANNNS et al. 1986, nicht aber im dortigen *Xerobrometum*, WILMANNNS 1988) und im *Vaccinio-Abietetum* des Ostschwarzwaldes (SCHMIDT 1988).

Vergleichende Untersuchungen in den nächsten Jahren werden zeigen, ob auch im Bannwald Flüh dann Hinweise auf Immissions-Schädigungen in der Wald-Krautschicht und im Weidfeld festzustellen sind.

Literatur

- BAMMERT, J., WALTER, E. (1969): Zur Effizienz nichtparametrischer Tests bei kleinen Stichproben. – Ber. Math. Forschungsinst. Oberwolfach 4/69. Oberwolfach.
 BARKMAN, J. J., DOING, H., SEGAL, S. (1964): Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse. – Acta bot. Neerl. 13: 394–419. Amsterdam.
 BARTSCH, J. & M. (1940): Vegetationskunde des Schwarzwaldes. – Pflanzensoz. 4. Jena. 229 S.
 BENZING, A. (1956): Das Vegetationsmosaik zwischen Schwarzwald und Oberem Neckar als Indikator der Landschaftsökologie und seine Bedeutung für die naturräumliche Gliederung. – Diss. Tübingen. 136 S. u. Tab.
 BÖCKER, R., KOWARIK, I., BORNKAMM, R. (1983): Untersuchungen zur Anwendung der Zeigerwerte nach Ellenberg. – Verh. Ges. f. Ökologie (Festschrift Ellenberg) 11: 35–56. Göttingen.

- BUCK-FEUCHT, G. (1986): Vergleich alter und neuer Wald-Vegetationsaufnahmen im Forstbezirk Kirchheim unter Teck. – Mitt. Ver. Forstl. Standortsk. u. Forstpfl. züchtung 32: 43–49. Stuttgart.
- BÜRGER, R. (1983): Die Trespenrasen (Brometalia) im Kaiserstuhl. – Diss. Freiburg i.Br., 400 S., Anhang u. Kartenbd.
- (1987, 1988): Veränderungen der Bodenvegetation als Indikator für mögliche landschaftsökologische Folgen des Waldsterbens. – 2. Statuskoll. des PEF, KfK-PEF 12: 1–11 und 4. Statuskoll.: 85–102. Kernforschungszentrum Karlsruhe.
- DIETERICH, H., MÜLLER, S., SCHLENKER, G. (1970): Urwald von morgen. Bannwaldgebiete der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. – Stuttgart. 174 S.
- ELLENBERG, Heinz (1979): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. – Scripta Geobot. 9. 2. Aufl. Göttingen. 122 S.
- ELLENBERG, Hermann (1983): Gefährdung wildlebender Pflanzenarten in der Bundesrepublik Deutschland. – Forstarchiv 54 (4): 127–133. Hannover.
- (1985): Veränderungen der Flora Mitteleuropas unter dem Einfluß von Düngung und Immissionen. – Schweiz. Z. Forstwes. 136 (1): 19–39. Zürich.
- HUTCHINSON, T.C. (1968): Biological Flora of the British Isles: *Teucrium scorodonia*. – J.Ecol. 56 (3): 901–911. Oxford.
- KLÖTZLI, F. (1965): Qualität und Quantität der Rehäsung in Wald- und Grünlandgesellschaften des Nördlichen Schweizer Mittellandes. – Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stftg. Rübel 38: 1–186. Zürich.
- KNAPP, R. (1979): Retardierte Sukzessionen auf trockenem Brachland in Mittelgebirgen Westdeutschlands. – Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 21: 97–109. Todenmann üb. Rinteln.
- KRAUSE, W. (1974): Bestandsveränderungen auf brachliegenden Wiesen. – Das wirtschaftseigene Futter 20 (1): 51–65. Frankfurt/Main.
- KÜPPERS, M. (1984): Kohlenstoffhaushalt, Wachstum und Wuchsform von Holzgewächsen im Konkurrenzgefüge eines Heckenstandortes. – Ber. Akad. Naturforsch. Landschaftspfl. Beih. 3 (1): 10–102, Laufen/Salzach.
- (1987): Hecken – Ein Modell für die Partnerschaft von Physiologie und Morphologie bei der pflanzlichen Produktion in Konkurrenzsituationen. – Naturwiss. 74: 536–547. Heidelberg.
- KUHN, N., AMIET, R., HUFSCHEMID, N. (1987): Veränderungen in der Waldvegetation der Schweiz infolge Nährstoffanreicherungen aus der Atmosphäre. – Allg. Forst- und Jagdzeitung 158 (5/6): 77–84. Frankfurt a.M.
- KUIJT, J. (1969): The Biology of Parasitic Flowering Plants. – Berkeley, Los Angeles. 246 pp.
- METZ, R., REIN, G. (1958): Geologisch-petrographische Übersichtskarte des Südschwarzwaldes 1: 50.000 (mit Erläuterungen). – Lehr.
- MÜLLER, K. (1948): Die Vegetationsverhältnisse im Feldberggebiet. – In: MÜLLER, K. (Edit.): Der Feldberg im Schwarzwald: 211–362. Freiburg i.Br.
- MÜLLER, Th. (1962): Die Saumgesellschaften der Klasse *Trifolio-Geranietae sanguinei*. – Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 9: 95–140. Stolzenau/Weser.
- OBERDORFER, E. (1978): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. 2. Aufl. Teil II. – Jena. 311 S.
- (1983): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 5. Aufl. – Stuttgart. 1051 S.
- PEF (Projekt Europ. Forsch. zentr. Maßn. Luftreinhaltung) (1988): 4. Statuskolloquium. 3 Bde. – Kernforschungszentrum Karlsruhe.
- PIGOTT, C.D. (1983): Regeneration of Oak-Birch Woodland following exclusion of sheep. – J. Ecol. 71: 629–646. Oxford.
- RABOTNOV, T.A. (1974): Differences between fluctuations and successions. Examples in grassland Phytocoenoses of the U.S.S.R. – In: KNAPP, R. (Edit.): Vegetation Dynamics. Handbook Vegetation Science 8: 19–24. The Hague.
- ROST-SIEBERT, K., JAHN, G. (1988): Veränderungen der Waldbodenvegetation während der letzten Jahrzehnte – Eignung zur Bioindikation von Immissionswirkungen? – Forst und Holz 43 (4): 75–81. Hannover.
- SACHS, L. (1984): Angewandte Statistik. 6. Aufl. – Berlin u.a. 552 S.
- SCHIEFER, J. (1981): Bracheversuche in Baden-Württemberg. – Beih. Veröff. Naturforsch. Landschaftspfl. Bad.-Württ. 22. Karlsruhe. 325 S.
- SCHMIDT, Th. (1988): Pflanzensoziologische und immissionsökologische Untersuchungen im *Vaccinio-Abietetum typicum* des Südoschwarzwaldes. – Dipl. Arb. Biol. Inst. II (Geobotanik). Freiburg i.Br. 196 S. und Tabellen.
- SCHREIBER, K.-F. (1986): Sukzessionsstudien an Grünlandbrachen im Hochschwarzwald. – Abh. Westf. Mus. Naturk. 48 (2/3): 81–92. Münster/Westf.

- SCHREIBER, K.F., SCHIEFER, J. (1985): Vegetations- und Stoffdynamik in Grünlandbrachen – 10 Jahre Bracheversuche in Baden-Württemberg. – Münstersche Geogr.Arb. 20: 111–154. Münster/Westf.
- SCHUHWERK, F. (1988): Naturnahe Vegetation im Hotzenwald (südöstlicher Schwarzwald). – Diss. Univ.Regensburg. 526 S. u. Anhang
- SCHWABE-BRAUN, A. (1977): Die Pflanzengesellschaften des Bannwaldes „Flüh“ bei Schönau (Süd-schwarzwald). – Staatsexamensarb. Biol.Inst. II (Geobotanik). 71 pp. (mit Vegetationskarte, Stand 1976, 1: 2.500).
- (1979): IBID. – Waldschutzgebiete 1: 1–68. – Freiburg i.Br.
- (1980): Eine pflanzensoziologische Modelluntersuchung als Grundlage für Naturschutz und Planung. Weidfeld-Vegetation im Schwarzwald. – Urbs et Regio 18. Kassel. 212 S.
- (1983): Groupements d'ourlets et de manteaux aux complexes des landes paturées de la Forêt Noire (Sud-Ouest de l'Allemagne). – Colloques phytosoc. Lille 8: 211–227. Vaduz.
- SCHWABE, A. (1988): Gebüsche und Staudensäume in der Natur- und Kulturlandschaft und ihre ökologische Bedeutung. – Ber. Naturforsch. Ges. Freiburg i.Br. 77/78: 99–130. Freiburg i.Br.
- (1989): Syndynamische Prozesse in Borstgrasrasen: Reaktionsmuster von Brachen nach erneuter Rinderbeweidung und Lebensrhythmus von *Arnica montana* L. in brach liegenden und beweideten Flächen. – *Carolinea* 47. Karlsruhe
- WALTER, E. (1988): (Bearb.: BÄMMERT, J.): Biomathematik für Mediziner. 3. Aufl. – Stuttgart. 206 S.
- WILMANN, O. (1988): Können Trockenrasen derzeit trotz Immissionen überleben? – Eine kritische Analyse des Xerobrometum im Kaiserstuhl. – *Carolinea* 46: 5–16. Karlsruhe.
- , BOGENRIEDER, A. (1986): Veränderungen der Buchenwälder des Kaiserstuhls im Laufe von vier Jahrzehnten und ihre Interpretation – pflanzensoziologische Tabellen als Dokumente. – *Abh.Westf.Mus. Naturk.* 48 (2/3): 55–79. Münster/Westf.
- , –, MÜLLER, W.H. (1986): Der Nachweis spontaner, teils autogener, teils immissionsbedingter Änderungen von Eichen-Hainbuchenwäldern – eine Fallstudie im Kaiserstuhl/Baden. – *Natur u. Landsch.* 61 (11): 415–422. Köln.
- WITTIG, R., BALLACH, H.-J., BRANDT, C.J. (1985): Increase of number of acid indicators in the herb layer of the Millet Grass-Beech Forest of the Westphalian Bight. – *Angew. Botanik* 59: 219–232. Göttingen.
- , WERNER, W. (1986): Beiträge zur Belastungssituation des Flattergras-Buchenwaldes der Westfälischen Bucht – eine Zwischenbilanz. – *Düsseldorfer Geobot.Kolloq.* 3: 33–70. Düsseldorf.
- , –, NEITE, H. (1985): Der Vergleich alter und neuer pflanzensoziologischer Aufnahmen: Eine geeignete Methode zum Erkennen von Bodenversauerung? – *VDI Berichte* 560: 21–23. Düsseldorf.

Anschrift der Verfasser:

Priv.-Doz. Dr. Angelika Schwabe
 Biol. Inst. II d. Univ. (Geobotanik)
 Schänzlestraße 1
 D-7800 Freiburg i.Br.

Dr. Anselm Kratochwil
 Biol. Inst. I d. Univ. (Zoologie)
 Albertstraße 21 a
 D-7800 Freiburg i.Br.

Dr. Joachim Bammert
 Bergstraße 2
 D-7801 Gottenheim